seria electronică industrială





Ioan Mateescu • Irina Mateescu

OSCILOSCOPUL

Ing. IOAN MATEESCU ● Ing. IRINA MATEESCU

OSCILOSCOPUL

Editura tehnică București — 1972

Cartea cuprinde două părţi esenţiale şi anume: descrierea osciloscopului şi aplicaţiile acestuia.

Sînt descrise blocurile fundamentale care compun osciloscopul, precum şi cele mai diferite circuite anexă. Toate comentariile sînt făcute pe scheme concrete de osciloscoape existente în ţară, pornind de la unele mai simple şi ajungînd pînă la cele pretenţioase. Sînt comentate modernizări ca amplificatoarele cu constante distribuite, comutatorul electronic şi osciloscopul cu eşantionare. Această parte se adresează astfel unor cititori care dispun de un bagaj de cunoştinţe de electronică.

Partea a doua se ocupă de aplicaţii. Ea se adresează unui cerc larg de cititori: medici, fizicieni, ingineri şi tehnicieni de diferite specialităţi etc. Aplicaţiile acoperă domenii variate din medicină, mecanică, electrotehnică, radiotehnică şi electronică. La sfîrşit se dau indicaţii de depanare şi verificare.

Redactor: ing. CORNELIA BLAGA
Tehnoredactor: THEODOR IVAN
Coperta: NICOLAE NICOLAEV

Bun de tipar: 15.01.1972. Coli de tipar: 8.
C.Z.: 621.317.75.

Tiparul executat sub com. nr. 62/1972, la Întreprinderea poligrafică „Crişana" Oradea, str. Moscovei nr. 5.



PREFAȚĂ

Unul dintre aparatele electronice cu cea mai largă răspîndire este osciloscopul.

În diferite variante constructive el poate fi găsit atît în uzine, cît și în laboratoarele cele mai moderne.

Apărut în primele decenii ale sec. XX, osciloscopul a fost în permanență perfecționat, reușind să atingă astăzi performanțe care rivalizează cu ale celor mai bune instrumente de măsurat, avînd în plus avantajul că permite vizualizarea formei semnalelor investigate.

Osciloscopul este folosit în egală măsură de specialiști în electronică, ca și de persoane cu pregătire diferită de acest domeniu (medici, biologi, fizicieni, chimiști etc.).

Sarcina de a scrie o carte care să satisfacă cititori atît de deosebiți este destul de dificilă. Din acest motiv am optat pentru o tratare diferențiată.

Prima parte, în care este descris osciloscopul, solicită un nivel mai ridicat de cunoștințe de electronică. Partea a doua, în care sînt descrise aplicațiile osciloscopului, se adresează unui cerc larg de cititori.

În capitolele 2 și 3 se analizează circuitele osciloscopului. Am prezentat aproape fiecare bloc în cîteva variante,

pornind de la una cît mai simplă, cu scopul de a permite o abordare progresivă a subiectelor.

Variantele diferă după tipul de osciloscop din care fac parte, dar au fost astfel alese încît să permită discutarea majorității schemelor folosite în prezent în practică. În limita posibilităților, am prezentat și scheme cu tranzistoare.

Capitolul 3 se ocupă cu descrierea osciloscopului cu eșantionare, realizare destul de nouă și de puțin cunoscută.

A doua parte se ocupă de aplicații. Capitolul are o dezvoltare apreciabilă și încearcă să treacă în revistă majoritatea domeniilor de utilizare a osciloscopului. Se dau scheme concrete de măsurare, se prezintă forme de undă caracteristice din inginerie, medicină și cercetarea științifică.

AUTORII

1

INTRODUCERE

Osciloscopul este unul dintre aparatele de măsurat asupra căruia progresele extraordinare realizate în electronică în ultimii ani şi-au pus amprenta în mod deosebit.

Folosirea tubului catodic pentru măsurări a fost sugerată încă din 1897 de Braun. Cîţiva ani mai tîrziu, Wehnelt (1904) inventează filamentul de platină acoperit şi apoi introduce în tub electrodul de comandă, care-i poartă numele. Abia în 1926 se produce însă un salt în dezvoltarea tubului modern, cînd Bush arată că fasciculul electronic poate fi focalizat magnetic sau electrostatic, într-o manieră analogă sistemelor de lentile din optică. Apariţia televiziunii şi apoi a radiolocaţiei influenţează puternic dezvoltarea osciloscopului. La început au predominat focalizarea şi deflexia magnetică; după 1939 însă se dezvoltă tubul cu focalizare electrostatică, solicitat în special în sistemele de radar. După 1940 osciloscopul devine tot mai mult un aparat pentru măsurări cantitative. De asemenea, tubul catodic şi chiar osciloscopul intră în tot mai multe ansambluri destinate observării unor fenomene variate, formînd aparate cu denumiri şi utilizări specializate. O gamă foarte largă de traductoare permite folosirea osciloscopului pentru măsurarea majorităţii mărimilor fizice.

Prin proprietăţile sale, osciloscopul se plasează între voltmetrul electronic şi înregistratorul cu peniţă. Faţă de voltmetrul electronic are avantajul că permite observarea formei semnalului investigat, iar faţă de înregistra-

tor, faptul că foloseşte drept indicator un fascicul de electroni practic fără inerţie.

Elementul caracteristic osciloscopului îl formează *tubul catodic.* Un fascicul de electroni creat de un catod încălzit este focalizat, accelerat şi apoi deflectat de un sistem de electrozi. După o accelerare finală, electronii bombardează un ecran fluorescent producînd o pată luminoasă — *spotul.* Deplasarea spotului pe ecran formează imaginea corespunzătoare semnalului investigat. Fiecare tub catodic are o anumită sensibilitate a plăcilor de deflexie reprezentată de deplasarea spotului, măsurată în milimetri, corespunzătoare unei tensiuni de 1 V. Este evident că anumite semnale cu amplitudine mică nu pot produce o deplasare vizibilă a spotului. Din acest motiv, osciloscopul este prevăzut cu amplificatoare pentru amîndouă sistemele de deflexie — pe verticală şi pe orizontală. Pentru a se putea trece cu uşurinţă de la măsurarea semnalelor mici la măsurarea semnalelor mari şi invers, este necesară introducerea unui atenuator calibrat în trepte la intrarea amplificatorului. Banda de frecvenţe a amplificatorului de deflexie pe verticală determină în mare măsură calităţile osciloscopului.

În majoritatea cazurilor osciloscopul serveşte pentru observarea semnalelor produse de fenomene care se petrec în timp. Într-o reprezentare în două dimensiuni, pe ecran va apărea curba dependenţei de timp a unei mărimi fizice. Un sistem de coordonate cu originea în centrul ecranului va avea ca axă X (orizontala) axa timpului, iar ca axă Y (verticala) axa tensiunii corespunzătoare fenomenului studiat. Sistemul de deflexie pe orizontală trebuie să asigure deci o scară de timp pentru orizontală. Această scară de timp se realizează într-un bloc special al osciloscopului, numit *bloc de baleiaj.* Pentru a se obţine o corespondenţă liniară între deplasările pe orizontală ale spotului şi timp, blocul de baleiaj trebuie să producă o tensiune de deflexie care să crească liniar cu timpul. Această tensiune poartă numele de *tensiune în dinţi de ferăstrău.* Generatorul de baleiaj împreună cu amplificatorul de deflexie pe verticală formează blocurile fundamentale ale osciloscopului. Aceste blocuri determină performanţele tipului respectiv de osciloscop.

Parametrii cei mai importanţi pentru caracterizarea unui osciloscop sînt *sensibilitatea* şi *banda de frecvenţe.* Osciloscoapele pot fi clasificate după aceste criterii. În conformitate cu standardele în vigoare în R.S.R., sensibilitatea unui aparat se defineşte ca raportul deviaţie/semnal de intrare. Majoritatea constructorilor de osciloscoape consideră însă sensibilitatea ca raportul între semnalul de intrare şi deviaţia spotului (adică o mărime inversă celei de mai sus). Într-o primă categorie intră osciloscopul de serviciu cu o sensibilitate de 50—100 mV/cm şi o bandă de frecvenţe pînă la 5 MHz. O altă categorie este formată de osciloscoapele de laborator, a căror sensibilitate creşte pînă la 500 μV/cm pentru o bandă de 50 MHz. O ultimă categorie este formată de osciloscoapele speciale cu o sensibilitate pînă la 10 μV/cm şi cu o bandă de 150 MHz (prin eşantionare 13 GHz).

Sensibilitatea şi banda de frecvenţe sînt două cerinţe contradictorii, în sensul că creşterea uneia este legată de scăderea celeilalte.

Deşi viteza electronilor care compun fasciculul este foarte mare, dimensiunile tubului catodic, determinate de sensibilitatea acestuia, sînt relativ mari. Astfel, timpul de trecere a electronilor produce micşorarea sensibilităţii pentru semnale a căror lungime de undă este comparabilă cu dimensiunile plăcilor de deflexie şi introduce un defazaj între cele două perechi de plăci. În acest fel apare evidentă limitarea benzii de frecvenţe datorită timpului de trecere a electronilor.

Realizarea simultană a performanţelor maxime de bandă şi sensibilitate implică o creştere substanţială a costului aparatului respectiv. Din acest motiv, se preferă realizarea unor osciloscoape cu bandă largă, cu sensibilitate redusă sau cu mare sensibilitate, dar cu bandă redusă. În ultimii ani această tendinţă a condus la construirea unor osciloscoape cu blocuri interschimbabile. Pe un panou frontal se găsesc plasate tubul catodic şi comenzile principale, precum şi locuri pentru introducerea preamplificatoarelor pentru deflexia pe verticală şi pentru introducerea diferitelor baze de timp. Unele tipuri de osciloscoape permit schimbarea a 15—20 de blocuri diferite. Pentru exemplificare se menţionează oscilo-

scopul 141 A produs de firma Hewlett-Packard (S.U.A.) Osciloscopul propriu-zis permite schimbarea a 9 amplificatoare și a 7 baze de timp. Cu amplificatorul 1 403 A osciloscopul are sensibilitatea de 10 μV/cm la o bandă de frecvențe cuprinsă între 0,1 Hz și 400 kHz. Cu amplificatorul 1 402 A osciloscopul are sensibilitatea de 5 mV/cm la o bandă de frecvențe de 0—20 MHz pe două canale. Cu amplificatorul 1 411 A, osciloscopul are două canale cu sensibilitatea de 1 mV/cm la o bandă de 0—12,4 GHz. Cu amplificatorul 1 406 A osciloscopul are sensibilitatea de 50 μV/cm cu precizia de 0,5% la o bandă de frecvențe de 0—400 kHz. Se observă că performanțele privind sensibilitatea în curent continuu sînt apropiate de cele ale voltmetrelor numerice cu patru cifre. Față de acestea însă, osciloscopul are avantajul că permite măsurarea unor tensiuni variabile foarte mici (de ordinul microvolților) suprapuse peste componente de tensiune continuă mari. Banda de 12,4 GHz permite observarea caracteristicilor de comutație ale dispozitivelor rapide putîndu-se vizualiza fronturi de 28 ps. Ea este realizată însă pe principiul eșantionării (v. § 3.2). Din această cauză, banda de frecvențe reală a amplificatorului nu depășește 1 MHz. Baza de timp 1 421 A este stabilă pînă la 20 MHz, putînd produce tensiuni cu durate de 20 ns/cm. Banda de timp pentru regim de eșantionare 1 424 A are 24 de scări, de la 10 ps/cm pînă la 500 μs/cm și poate fi declanșată pînă la 5 GHz.

Pe lîngă blocurile fundamentale care îi determină performanțele, osciloscopul mai dispune de o serie de blocuri importante pentru funcționare, precum și de cîteva circuite auxiliare. În fig. 1.1 este prezentată schema-bloc a unui osciloscop de laborator.

Tensiunea care urmează să fie vizualizată se aplică la borna *Y* a circuitului de intrare *CI*. Acest circuit conține un divizor de tensiune compensat cu frecvența, avînd 8—10 trepte de atenuare. Circuitul de intrare permite obținerea unei imagini care să ocupe cel mai bine suprafața ecranului. De la ieșirea lui *CI*, semnalul atenuat este aplicat la intrarea preamplificatorului *PV*. De obicei, circuitul *CI* și preamplificatorul *PV* se construiesc sub

forma unui ansamblu separat, care poate fi detaşat de restul aparatului. Preamplificatorul realizează o amplificare a semnalului, oferă semnalul necesar blocului de sincronizare *S* şi, în unele cazuri, asigură alimentarea unor becuri cu neon care pun în evidenţă poziţia spotului cînd acesta părăseşte suprafaţa ecranului. De la ieşirea

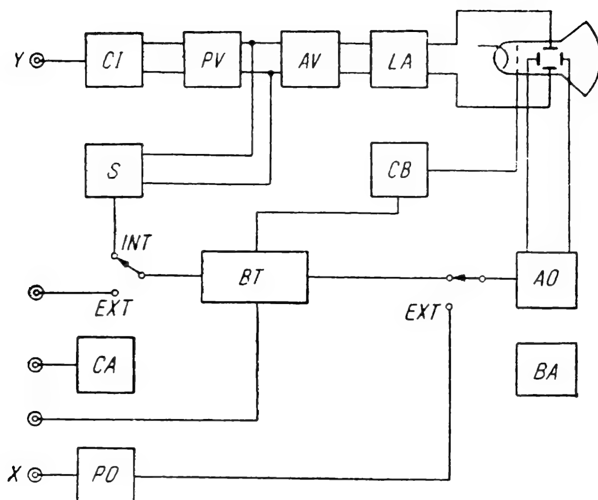


Fig. 1.1. Schema-bloc a osciloscopului.

preamplificatorului semnalul este aplicat amplificatorului de deflexie pe verticală *AV*. Blocul *AV* se realizează în variantă nedetaşabilă şi se termină, de obicei, pe o linie de întîrziere *LA*. Linia are rolul de a întîrzia semnalul şi a crea astfel timpul necesar pentru declanşarea bazei de timp. Tensiunea în dinţi de ferăstrău, necesară deflexiei pe orizontală a spotului, este produsă de generatorul de baleiaj din baza de timp *BT*. Tensiunea de baleiaj poate fi sincronizată din interior, folosind semnalul produs de blocul de sincronizare *S*, sau din exterior. Tensiunea bazei de timp se amplifică în amplificatorul de deflexie pe orizontală *AO* şi apoi se aplică pe plăci. Amplificatorul *AO* poate amplifica şi tensiuni de altă formă, provenite din exterior. Acestea se aplică la borna *X*, care

reprezintă intrarea în preamplificatorul *PO*. Tot baza de timp mai comandă circuitul *CB*, care asigură stingerea spotului în timpul revenirii tensiunii de baleiaj (cursa inversă). Baza de timp poate fi realizată sub forma unui bloc detașabil. În acest mod se pot schimba performanțele osciloscopului folosind diferite cupluri preamplificator-bază de timp.

Dintre circuitele auxiliare, cele mai folosite sînt circuitele de calibrare a amplitudinii *CA* și de calibrare a duratei. Osciloscopul mai este prevăzut cu un bloc de alimentare și cu circuite pentru reglarea spotului. Acestea permit reglarea strălucirii spotului, ajustarea focalizării precum și combaterea astigmatismului. În osciloscoapele speciale există sisteme pentru asigurarea unei persistențe variabile. Prezența imaginii pe ecran poate fi cuprinsă între 0,2 s și cîteva zile (de exemplu, tipul 141 A).

Pentru vizualizarea simultană a două sau mai multe fenomene pe ecranul aceluiași tub catodic se folosește fie un tub catodic multiplu, fie comutatorul electronic (v. § 3.1). În cazul din urmă semnalele sînt aplicate simultan la intrările mai multor amplificatoare identice, denumite în mod uzual canale de amplificare.

În ultimul timp au fost realizate o serie de modernizări privind concepția constructivă. În primul rînd s-a trecut la generalizarea folosirii blocurilor interschimbabile, ceea ce realizează o mai bună adaptare a osciloscopului la condițiile de măsurare. Introducerea amplificatoarelor de curent continuu oferă avantajul eliminării defazajelor care pot apărea în scheme cu mai multe etaje. Adoptarea amplificatoarelor de deflexie pe verticală cu constante distribuite a condus la lărgirea benzii de frecvențe. În pas cu realizările industriei de dispozitive active, construcția osciloscoapelor a asimilat la început diodele tunel, iar acum circuitele integrate, în special pentru bazele de timp. Se pare că circuitele integrate de tip TTL, care realizează viteze de comutare foarte mari, vor putea fi folosite în generatoarele osciloscoapelor cu eșantionare.

2

DESCRIEREA OSCILOSCOPULUI

2.1. TUBUL CATODIC

Tubul catodic, schiţat în fig. 2.1, cuprinde trei părţi esenţiale: tunul electronic, sistemul de deflexie şi ecranul.

Tunul electronic produce un fascicul îngust de electroni. Sursa de electroni este constituită de un catod cu încălzire indirectă *1*. Catodul se construieşte sub forma unui cilindru închis la un capăt. Pe suprafaţa bazei cilindrului se depozitează o subtanţă care îmbunătăţeşte emisia electronică. Suprafaţa emisivă are dimensiuni mici în comparaţie cu cea de la tuburile electronice obişnuite. Fineţea spotului este determinată de mărimea suprafeţei emisive. Cu cît catodul are dimensiuni mai mici, cu atît spotul este mai îngust. În acest fel scade însă intensitatea fasciculului electronic şi, din punct de vedere constructiv, se urmăreşte realizarea unui compromis între aceste cerinţe. În interiorul catodului se află plasat un filament care asigură încălzirea. Filamentul se realizează sub forma a două fire răsucite. Acest mod de construcţie determină eliminarea influenţei cîmpului magnetic produs de alimentarea de la reţea a filamentului. În scopul obţinerii unui fascicul electronic cît mai îngust, catodul se introduce în interiorul unui alt cilindru *2*, închis la un capăt. În capacul care închide cilindrul se practică un orificiu îngust, care să permită trecerea electronilor. Acest electrod se numeşte cilindru Wehnelt, grilă sau modulator şi

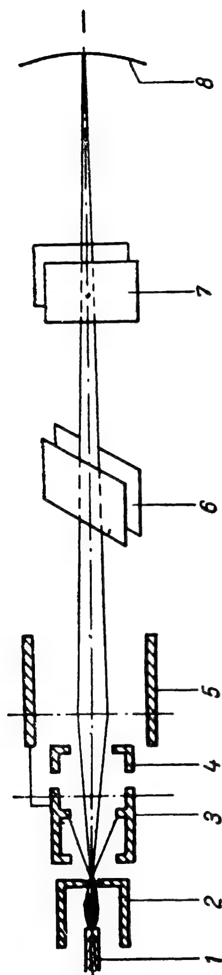


Fig. 2.1. Tubul catodic.

serveşte la comanda intensităţii fasciculului. Cu ajutorul grilei se poate modifica strălucirea spotului luminos. Comandînd intensitatea fasciculului grila acţionează şi ca o „lentilă" electronică producînd focalizarea fasciculului. Această focalizare este însă insuficientă, întrucît ea se petrece în apropierea grilei, iar fasciculul diverge la distanţe mai mari. Astfel, este necesară o focalizare suplimentară, care se realizează cu ajutorul primului anod *4*. Pentru a micşora dependenţa între reglajul strălucirii şi reglajul focalizării, se plasează între grilă şi anod un alt electrod *3*, de formă cilindrică şi cu două diafragme. Anodul al doilea, *5*, serveşte la accelerarea fasciculului.

Sistemul de deflexie care se foloseşte aproape exclusiv în osciloscoapele moderne este cel electrostatic. Fasciculul electronic creat de tunul electronic intră între două perechi de plăci *6* şi *7*, aşezate ca în fig. 2.1. Sistemul de deflexie pe verticală lucrează în condiţii mai grele, trebuind să asigure o sensibilitate generală mai bună decît sistemul de deflexie pe orizontală. Prima pereche de plăci *6*, beneficiind de o sensibilitate ceva mai mare decît perechea următoare, este folosită pentru deflexia pe verticală a fasciculului. A doua pereche de plăci,

7, servește la devierea fasciculului în plan orizontal. Pentru mărirea sensibilității generale a tubului catodic se folosește postaccelerarea fasciculului, prin introducerea unui al treilea anod situat între sistemul de deflexie și ecran. Tensiunile continue care se aplică pe electrozii tubului catodic sînt luate de la blocul de alimentare. Pe anodul al doilea se aplică tensiuni de ordinul a 800—3 000 V, iar pe primul anod se aplică tensiuni de ordinul a 0,2—0,5 din valoarea tensiunii de pe cel de al doilea anod. Potențialul de postaccelerare poate atinge 10—30 kV. Sensibilitatea tubului catodic este măsurată în mm/V și are pentru deflexia pe verticală valori cuprinse între 0,2 și 4 mm/V, iar pentru deflexia pe orizontală valori cuprinse între 0,1 și 3 mm/V.

Ecranul 8 se realizează dintr-o substanță fluorescentă, care împreună cu un activator pentru mărirea eficienței luminoase este depusă pe suprafața interioară a tubului catodic. Pentru ecranul cu lumină verde se folosește de obicei willemit ($ZnO+SiO_2$) cu magneziu drept activator. Osciloscoapele destinate observării prin fotografiere utilizează ecrane cu lumină albastră. Ecranul este acoperit în acest caz cu sulfură de zinc activată cu argint sau alteori cu wolframat de calciu. O caracteristică importantă a ecranului este persistența — perioada în care ecranul continuă să lumineze deși fasciculul electronic nu-l mai bombardează. Pentru observarea fenomenelor lente sau care nu se repetă este utilă o persistență mare. Ecranele cu fluorură de magneziu dau o lumină portocalie și asigură o persistență de cîteva secunde.

Un alt mijloc pentru obținerea unei persistențe ridicate este folosirea unui ecran cu două straturi. Suprafața sticlei este acoperită cu un strat de sulfură de cadmiu și zinc activat cu cupru care dă o lumină portocalie și apoi cu un al doilea strat din sulfură de zinc activat cu argint. Ecranele au de obicei formă circulară cu un diametru reprezentînd 1/25—1/4 din lungimea tubului catodic. În ultimul timp se fabrică și tuburi cu ecran dreptunghiular. Practic, suprafața ecranului are formă dreptunghiulară cu dimensiuni de 8×10 sau 3×5 cm etc. Peste suprafața ecranului, în exterior, se aplică un disc transparent

prevăzut cu o rețea de linii trasate la 1 cm distanță sau mai des și care pot fi independent luminate. Acest caroiaj luminat permite aprecieri cantitative mult mai precise.

2.2. CIRCUITUL DE INTRARE

Circuitul de intrare se realizează sub forma unui divizor de tensiune cu diferite rapoarte de divizare: 1 : 1, 1 : 10 și 1 : 100 sau 1 : 1, 1 : 2, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 50, 1 : 100 etc. Divizorul cuprinde rezistențe și capacități. El trebuie să îndeplinească trei condiții principale: să aibă impedanța de intrare mare, să permită micșorarea semnalului de intrare pînă la valori la care amplificatorul nu limitează și, în sfîrșit, să nu modifice caracteristica generală de frecvență a osciloscopului. În plus, osciloscopul trebuie să fie prevăzut cu un reglaj fin al amplificării. Pentru satisfacerea acestor deziderate circuitul de intrare se construiește sub forma unui divizor rezistiv compensat cu capacități, ca în fig. 2.2.

În domeniul frecvențelor joase rolul preponderent îl au rezistențele și divizarea tensiunii de la intrare în raportul dorit se face prin intermediul elementelor R_2 și R_3. În domeniul frecvențelor înalte capacitățile au un rol important, divizarea realizîndu-se cu ajutorul elementelor semivariabile C_2 și C_3. Folosirea condensatoarelor semivariabile este justificată de nevoia de a compensa influența capacităților parazite care apar. Evident, raportul de divizare la frecvențe înalte trebuie să fie același cu raportul de la frecvențele joase. Folosind un astfel de divizor, se poate obține pe ecranul osciloscopului o imagine potrivită, indiferent de valoarea tensiunii investigate. Sînt însă cazuri în care imaginea obținută este prea mică la unul dintre rapoartele de divizare și depășește cadrul ecranului la raportul de divizare imediat apropiat. Din

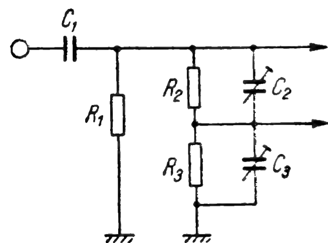


Fig. 2.2. Atenuator de intrare.

acest motiv, osciloscopul este prevăzut cu un sistem de reglaj fin al amplificării. Soluția cea mai simplă ar fi folosirea unui potențiometru în circuitul de intrare. Se constată însă o înrăutățire a caracteristicii de frecvență a osciloscopului. Se recurge atunci la intercalarea între divizor și amplificator a unui etaj care să aibă o impedanță mare de intrare și o impedanță de ieșire mică. Etajul se realizează sub forma unui repetor catodic (fig. 2.3).

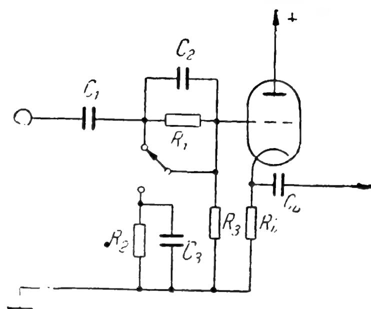


Fig. 2.3. Circuit de intrare cu repetor catodic.

2.3. AMPLIFICATOARELE

Unul dintre blocurile fundamentale ale osciloscopului este amplificatorul de deflexie pe verticală. El se compune dintr-un preamplificator care de obicei se prezintă sub forma unui panou separat, și care poate fi scos din cutia osciloscopului pentru a fi înlocuit și din amplificatorul propriu-zis care este nedetașabil și de la a cărui ieșire semnalul se aplică la plăcile de deflexie pe verticală a spotului.

Amplificatorul de deflexie pe verticală lucrează în general într-o bandă largă de frecvențe, trebuie să realizeze o amplificare importantă și, în plus, să producă o întîrziere a semnalului util de ordinul a 0,2—0,3 μs. Aceste cerințe impun folosirea unor corecții pentru frecvențele joase și înalte de la extremitățile benzii, iar pentru obținerea întîrzierii impun folosirea unor linii de întîrziere sau a unor amplificatoare cu linii de întîrziere cu constante distribuite. Pe lîngă utilizarea corecțiilor, pentru eliminarea influențelor capacităților parazite care apar din cauza comutatoarelor și a altor componente, se folosesc foarte des scheme amplificatoare cu repetor catodic.

Schema amplificatorului de deflexie pe verticală din osciloscopul C1-1 (U.R.S.S.) este prezentată în fig. 2.4. Factorul de amplificare este 2 000, iar banda de frecvențe

Fig. 2.4. Amplificator de deflexie pe verticală (C1-1, U.R.S.S.).

1 Hz—250 kHz. Semnalul este inițial amplificat de trei triode T_1, T_2 și T_3, iar apoi de un montaj în contratimp echipat cu T_4 și T_5. Se folosesc două triode în locul unei pentode pentru că astfel se poate asigura o mai bună stabilitate a amplificării. Rezistențele mici de sarcină din anozii dublei triode asigură o amplificare uniformă într-o bandă relativ largă de frecvențe. Condensatorul C_1 are capacitatea mare (4 μF) din cauza frecvențelor foarte joase care trebuie amplificate. Pentru corectarea caracteristicii de frecvență în domeniul frecvențelor înalte se folosesc bobinele L_1—L_4, iar în domeniul frecvențelor joase rezistențele R_3, R_4, R_8 și condensatoarele C_2, C_3, C_5. Negativarea tubului T_2 se obține cu ajutorul unui divizor de tensiune. Etajul prefinal T_3 este realizat sub forma unui repetor catodic. Avînd capacitatea de intrare mică, acest etaj permite lărgirea caracteristicii de frecvență în domeniul frecvențelor înalte. Etajul final funcționează în contratimp. El realizează în același timp și amplificarea și inversarea fazei. În catodul tubului T_4 apare un semnal de aceeași formă și polaritate ca în grila lui T_4. Orice creștere a semnalului pe grila lui T_4 implică creșterea potențialului catodului lui T_5 și, întrucît grila lui T_5 este legată cu rezistența R_{13}, ea va fi negativată față de catod. Astfel, pe grilele tuburilor T_4 și T_5 tensiunile vor fi în antifază. În acest mod s-a putut renunța la folosirea unui etaj special de inversare a fazei.

Osciloscopul Duoskop EO 2/130 (R. D. Germană) funcționează cu două canale, folosind un tub catodic dublu cu plăci de deflexie complet separate. Cele două canale sînt prevăzute cu amplificatoare de deflexie pe verticală identice. Schema unui astfel de amplificator este prezentată în fig. 2.5.

Semnalul de intrare poate fi aplicat direct sau prin intermediul condensatorului C_1 la intrarea circuitului de intrare (atenuatorul *At*) și apoi pe grila tubului T_1 cu ajutorul comutatorului K_1. Tubul T_1 funcționează ca repetor catodic. Cu ajutorul comutatorului K_2 sarcina repetorului poate fi rezistența R_6 sau linia de întîrziere *LA* de 0,5 μ s. De pe sarcina repetorului semnalul este aplicat amplificatorului în contratimp echipat cu T_2 și T_3, care realizează și inversarea fazei. Atît tensiunea de negativare

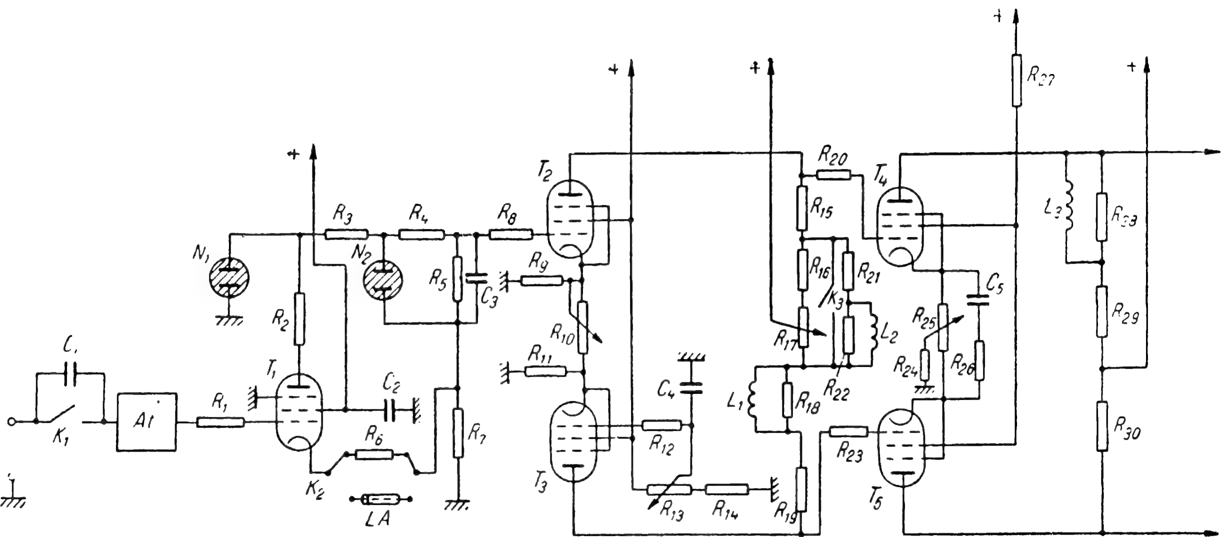


Fig. 2.5. Amplificator de deflexie pe verticală (Duoskop, R.D.G.).

a tubului T_2 cît și tensiunea de polarizare a ecranului tubului T_1 sînt stabilizate cu ajutorul a două tuburi stabilizatoare N_1 și N_2. Potențiometrul R_{10} dintre catozii tuburilor T_2 și T_3 servește la reglajul fin al amplificării. Din anozii inversorului de fază, semnalul este aplicat la grilele tuburilor T_4 și T_5, care formează un amplificator de ieșire în contratimp. Negativarea tuburilor T_4 și T_5 se obține cu ajutorul unor divizoare de tensiune R_{15}—R_{22}. Comutatorul K_3 modifică raportul de divizare și, în acest fel, negativarea tuburilor, obținîndu-se două sensibilități diferite pentru amplificator. Banda de frecvențe acoperă 0—3 MHz în cazul sensibilității de 25 mV/cm și 0—10 MHz în cazul sensibilității de 125 mV/cm. Potențiometrul R_{13} reglează tensiunea de ecran a tuburilor T_2 și T_3, putînd corecta poziția de zero a spotului pe ecranul tubului catodic. Potențiometrul R_{25} modifică tensiunile catozilor față de masă, servind la deplasarea spotului pe verticala ecranului. Corectarea caracteristicii de frecvență în domeniul frecvențelor înalte se face cu ajutorul bobinelor L_1—L_3, condensatoarelor C_3, C_5 și rezistențelor R_{20}, R_{28} etc.

Preamplificatorul și amplificatorul nedetașabil pentru funcționarea cu un singur canal din osciloscopul ORION TR 4401 (R.P.U.) sînt descrise în fig. 2.6 și fig. 2.7.

Semnalul de intrare poate fi aplicat pe grila tubului T_1 fie direct, fie prin condensatorul C_1 cu ajutorul comutatorului K_1. Circuitul de intrare (*At*) are funcționarea asemănătoare cu cea descrisă la §. 2.2. Tubul T_1 funcționează ca repetor catodic asigurînd o impedanță de intrare mare. Semnalul cules de pe rezistența de sarcină R_3 este aplicat unui inversor de fază cu cuplaj catodic echipat cu tuburile T_2 și T_3. Potențiometrul R_8 realizează egalizarea tensiunilor pe catozii celor două tuburi, permițînd ajustarea factorului de amplificare. Potențiometrul R_{13} corectează tensiunea de ecran a tuburilor T_2 și T_3 permițînd deplasarea pe verticală a spotului. Etajul de ieșire conține repetorul catodic de comandă și repetorul de ieșire (tuburile T_4 și T_5, respectiv T_6 și T_7). Repetoarele catodice T_4 și T_5 formează sarcini cu capacitate mică în anozii tuburilor inversoare de fază. În același timp ele se prezintă ca surse de semnal cu impedanță mică pentru repe-

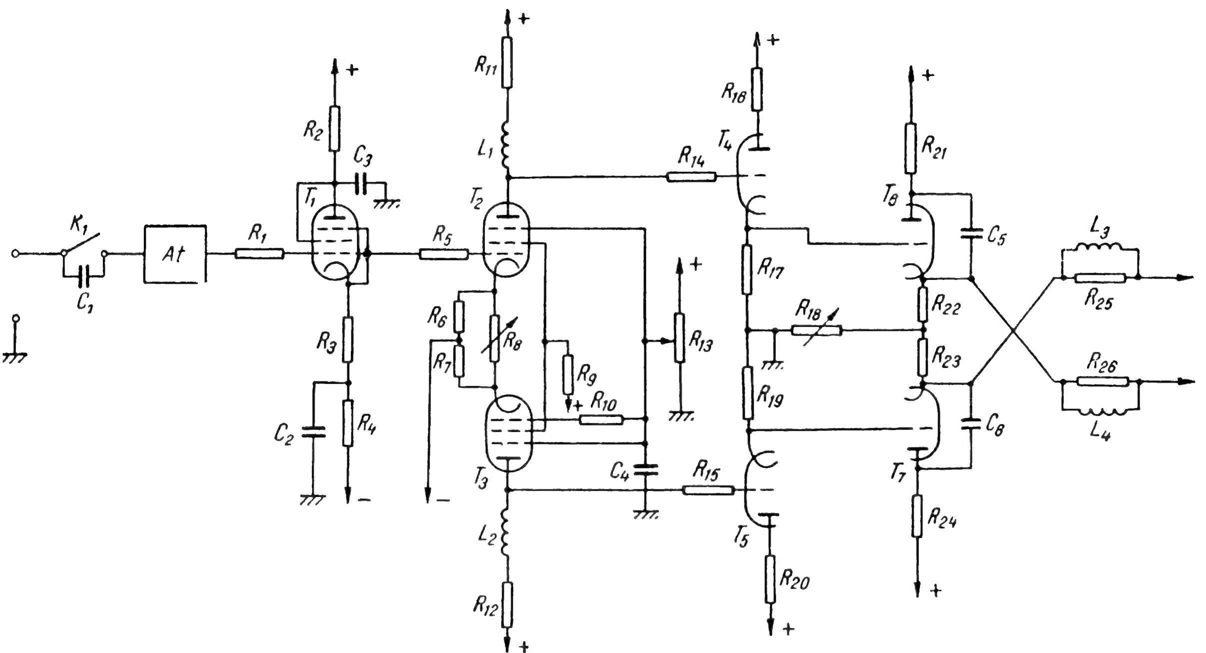


Fig. 2.6. Preamplificator (ORION TR 4401, R.P. Ungară).

toarele catodice de ieşire T_6 şi T_7. Bobinele L_1—L_4 se folosesc pentru corecţia frecvenţelor înalte.

Amplificatorul nedetaşabil (fig. 2.7) cuprinde o parte clasică şi o schemă de amplificare cu linii de întîrziere cu constante distribuite. Semnalul de la preamplificator este aplicat unui amplificator de curent continuu în contratimp T_1 şi T_2, de la ieşirea căruia semnalul se aplică pe grilele repetoarelor catodice T_3 şi T_4 şi apoi la grilele repetoarelor catodice T_5 şi T_6. Potenţiometrul R_6 asigură ajustarea factorului de amplificare. Inductanţele L_1 şi L_2 din anozii tuburilor T_1 şi T_2 servesc la corecţia frecvenţelor înalte. Etajul de ieşire cuprinde tuburile T_7—T_{16} aşezate în 5 secţiuni identice în schemă de amplificare cu constante distribuite (cu undă călătoare). Unul dintre inconvenientele importante în cazul legării în paralel a mai multor amplificatoare este creşterea capacităţilor parazite, ceea ce conduce la micşorarea benzii de frecvenţe. Aceste capacităţi împreună cu inductanţe corespunzător alese pot forma însă linii artificiale de întîrziere. În acest mod se obţine o separare a capacităţilor tuburilor. În plus, fiecare etaj, contribuie aditiv la valoarea amplificării globale. Mai precis, amplificarea totală este proporţională cu numărul etajelor folosite. Astfel, se pot folosi mai multe etaje cu amplificare subunitară pentru a obţine o amplificare supraunitară. Presupunînd că pe grila lui T_7 apare un impuls negativ de tensiune, în anodul lui T_7 se va produce un impuls pozitiv de tensiune, care va ajunge la anodul lui T_9 cu o întîrziere fixă determinată de linia de întîrziere dintre cei doi anozi. În acelaşi timp, impulsul negativ din grila T_7 va ajunge în grila lui T_9 cu o întîrziere egală cu cea de mai sus şi apoi va fi amplificat. Astfel, în anodul lui T_9, se vor suprapune două impulsuri de tensiune pozitive egale. Procesul se repetă şi la ieşire se obţine un impuls pozitiv de 5 ori mai mare decît cel din anodul lui T_7. Ieşirea din acest amplificator se face pe o linie de întîrziere artificială mai lungă. Amplificatorul T_7—T_{16} întîrzie semnalul cu 0,015 µs, iar linia lungă cu 0,185 µs, realizîndu-se astfel o întîrziere globală de 0,2 µs. Linia de întîrziere, incluzînd lanţul de amplificare, trebuie să fie terminată pe impedanţa sa caracteristică.

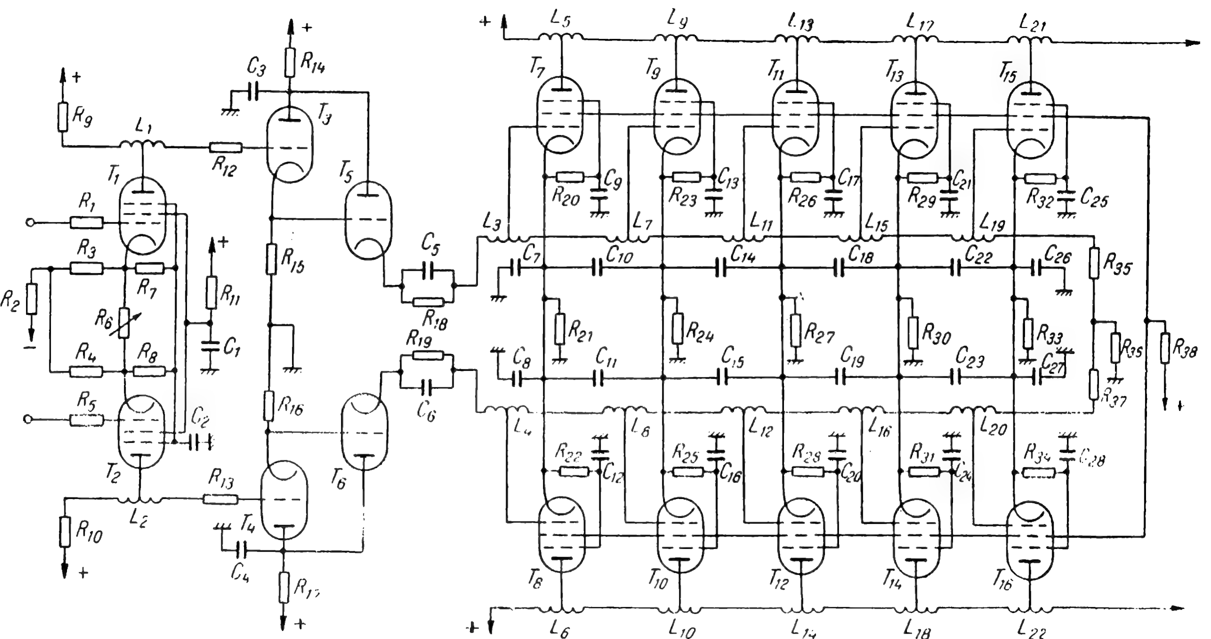


Fig. 2.7. Amplificator de deflexie pe verticală (ORION TR 4401).

În acest fel se evită reflectarea semnalului, ceea ce ar duce la distorsionarea lui.

În fig. 2.8 este prezentată schema preamplificatorului din osciloscopul SOLARTRON CD 1220 (Anglia) pentru cazul funcționării cu două canale.

Cele două canale sînt identice și din acest motiv canalul 2 nu a mai fost figurat. Semnalul de intrare se aplică la borna Y_1 putînd fi transmis la grila tubului T_1 fie direct, fie prin condensatorul C_1. De pe sarcina repetorului catodic T_1 semnalul este aplicat unui etaj diferențial cu cuplaj catodic, care funcționează și ca inversor de fază și care este format din tuburile T_2 și T_3. Din anozii inversorului semnalul este aplicat pe grilele amplificatorului în contratimp echipat cu T_4 și T_5. Remarcăm aici intervenția semnalului de comandă de la comutatorul electronic. Acest semnal aplicat în grilele tuburilor T_4 și T_5 produce închiderea sau deschiderea canalului 1 cu o frecvență de 100 kHz sau în alte moduri. În sfîrșit, în cazul funcționării canalului 1 semnalul investigat se aplică pe grilele repetoarelor catodice T_8 și T_9, de unde ajunge la intrarea amplificatorului nedetașabil.

În fig. 2.9 este prezentată schema preamplificatorului și amplificatorului de deflexie pe verticală din osciloscopul portabil TR 4 351 (R.P. Ungară).

Semnalul de intrare ajunge la atenuatorul compensat prin intermediul comutatorului K direct sau prin condensatorul C_1. După atenuator semnalul ajunge prin circuitul R_1, C_2 la electrodul de comandă al unui tranzistor FET (cu efect de cîmp). Tranzistorul T_1 funcționează ca repetor. Diodele D_1 și D_2 servesc la protejarea tranzistorului la suprasarcini. Tranzistorul T_2 funcționează ca repetor pe emitor. Pentru deplasarea spotului pe verticală se folosește potențiometrul R_5 care modifică polarizarea bazei lui T_2. De pe sarcina repetorului T_2 semnalul este aplicat la intrarea amplificatorului cu circuite integrate DER-1. De la ieșirea acestuia semnalul se aplică în bazele unui etaj în contratimp format din tranzistoarele T_3 și T_4. După amplificare semnalul util se aplică pe plăcile de deflexie pe verticală.

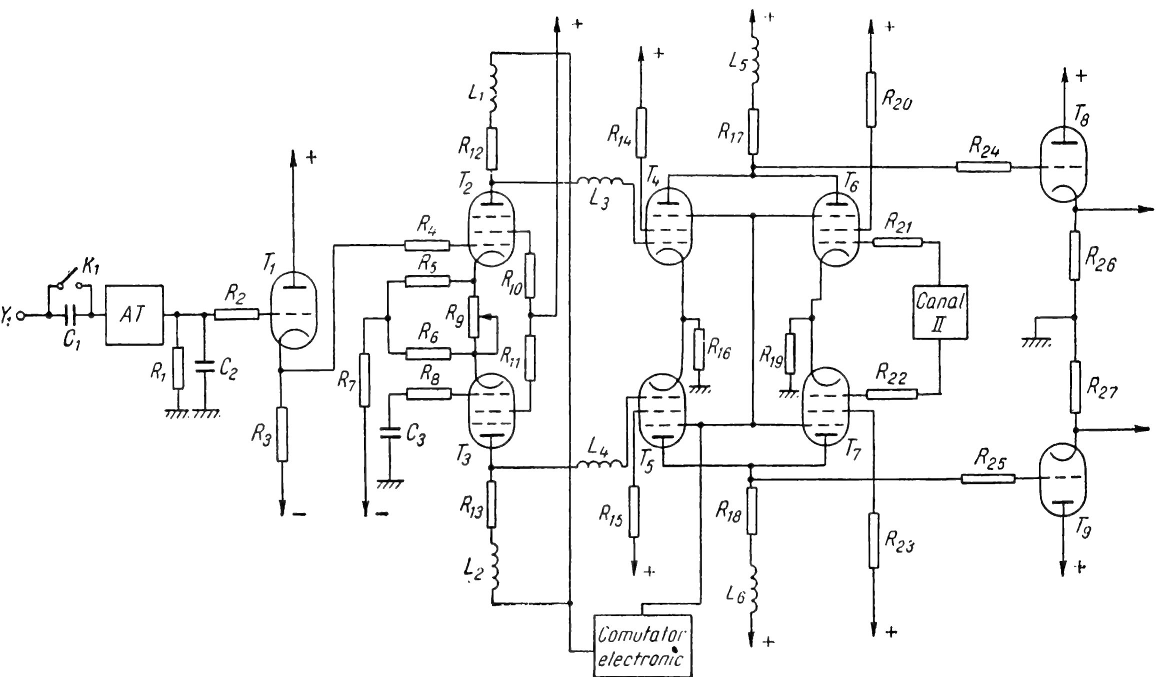


Fig. 2.8. Amplificator de deflexie pe verticală (SOLARTRON CD 1220, Anglia).

În fig. 2.10 este prezentată schema amplificatorului de deflexie pe verticală din osciloscopul OCT 587 A (CRC, Franța).

Semnalul de la preamplificator traversează linia de întîrziere *LA* de 180 ns și apoi este aplicat la intrarea

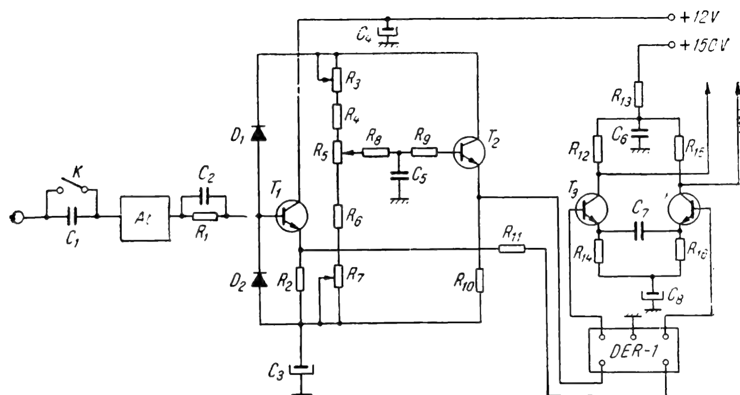


Fig. 2.9. Amplificator de deflexie pe verticală (TR 4351, R.P.U.).

amplificatorului în contratimp echipat cu tranzistoarele T_1—T_4. Observăm că ramurile T_1, T_3 și T_2, T_4 sînt legate în scheme cascod. Circuitele R_3, C_1 și R_4, C_2 formează celule de corecție pentru adaptarea liniei de întîrziere la amplificator. Potențiometrul R_{12} permite reglajul amplificării. Circuitul C_6, C_7, R_{10} asigură corecția caracteristicii amplificatorului în domeniul frecvențelor înalte. Inductanța L_1 compensează capacitățile tranzistoarelor T_1 și T_2. Circuitul R_9, C_5 compensează efectele de suprafață ale liniei de întîrziere. Corecția caracteristicii de frecvență a amplificatorului în domeniul frecvențelor joase este asigurată de circuitul R_{14}, C_8. Transformatorul *Tr* realizează simetria amplificatorului pentru frecvențele înalte. Etajul final este realizat cu tranzistoarele T_5 și T_6 legate în contratimp. Din punct de vedere constructiv aceste tranzistoare sînt montate pe radiatoare din oxid de beriliu, care este bun conducător de căldură și izolant electric.

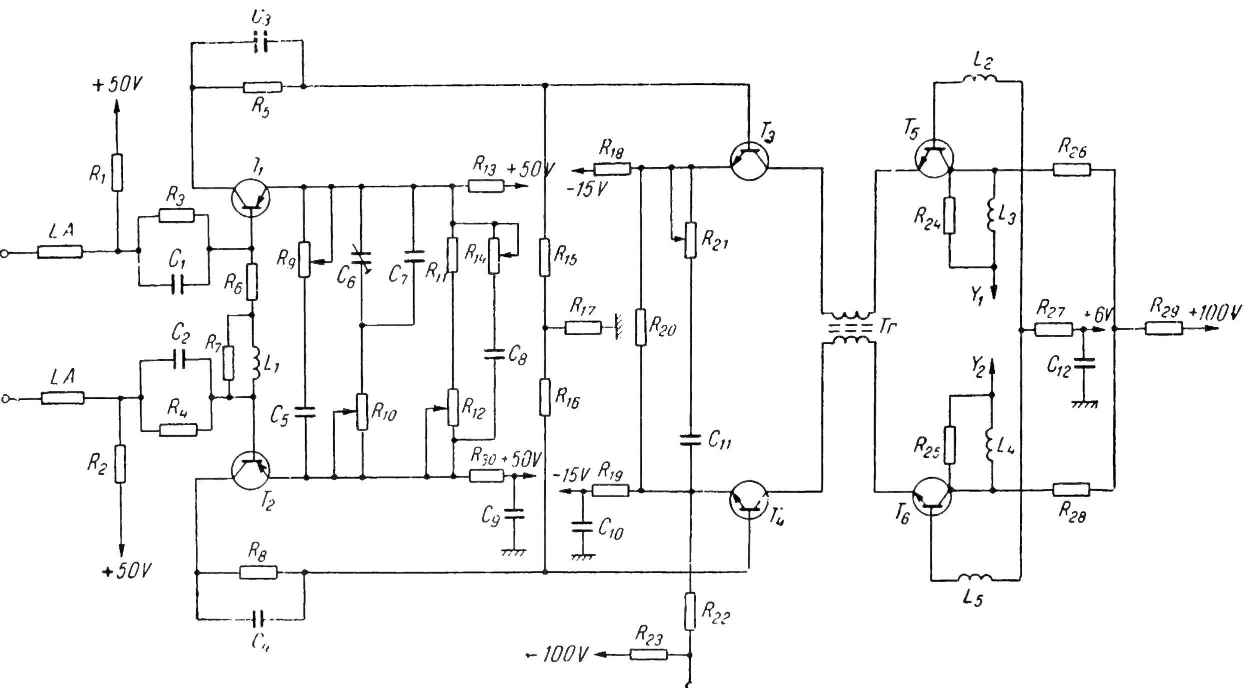


Fig. 2.10. Amplificator de deflexie pe verticală (OCT 587 A, CRC Franța).

În fig. 2.11 este prezentată schema amplificatorului de deflexie pe verticală din osciloscopul PM 3370 (Philips, Olanda).

Schema cuprinde un amplificator în contratimp format din tranzistoarele T_1, T_2, T_7, T_8, T_9 și T_{10}. Se observă că

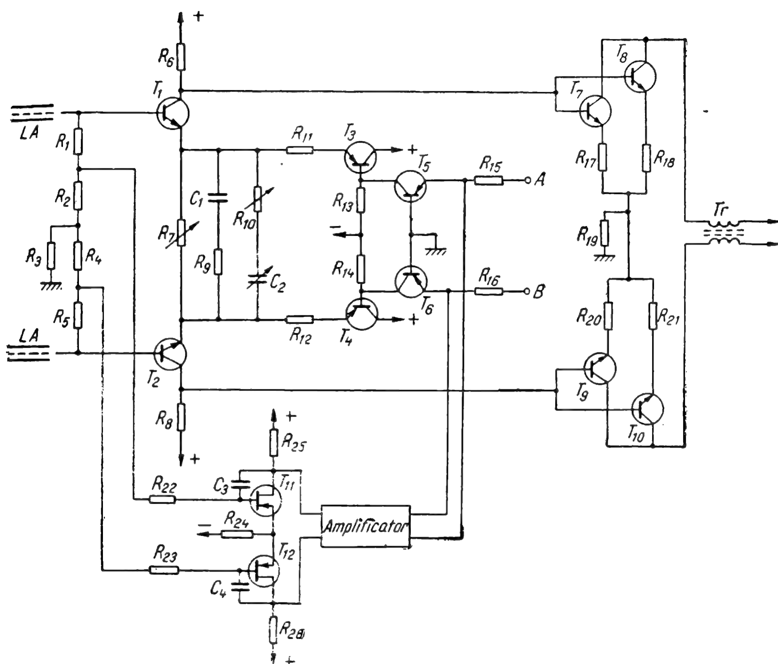


Fig. 2.11. Amplificator de deflexie pe verticală (PM 3370 Philips, Olanda).

fiecare ramură a montajului în contratimp este formată din cîte o schemă cascod (ex. T_1 și grupul T_7, T_8). Tranzistoarele T_7 și T_8 sînt montate în paralel avînd reacții negative serie individuale. Potențiometrul R_7 permite reglajul amplificării. Circuitul C_1, R_9 compensează efectele de suprafață ale liniei LA în cazul frecvențelor înalte. Circuitul C_2, R_{10} corectează caracteristica amplificatorului

la frecvențele înalte. La bornele A, B se aplică o tensiune sub formă de impulsuri dreptunghiulare produsă de un circuit special de comutare. Aceste impulsuri comandă circuitul format din tranzistoarele T_3—T_6 și pot produce separarea celor două căi ale amplificatorului în contratimp. Separarea căilor este necesară dacă se dorește extensia sau intensificarea unei porțiuni din imaginea semnalului investigat obținută pe ecranul tubului catodic. În cazul semnalelor de joasă frecvență și amplitudine mare pot apărea variații ale temperaturii tranzistoarelor și implicit variații ale tensiunii emitor-bază. Pentru compensarea acestui efect, o parte din semnalul de intrare este luată de pe divizorul R_1—R_5 și aplicată unor integratoare Miller echipate cu tranzistoarele cu efect de cîmp T_{11} și T_{12}. Semnalul integrat este amplificat și aplicat la emitoarele tranzistoarelor T_5, T_6.

Tensiunea în dinți de ferăstrău produsă de generatorul de baleiaj este în general prea mică pentru a putea asigura deflexia pe orizontală. Din acest motiv osciloscopul este prevăzut și cu un amplificator de deflexie pe orizontală. Acest amplificator poate fi folosit și independent pentru amplificarea unor semnale de formă oarecare. În acest din urmă caz intrarea în amplificatorul de deflexie pe orizontală este accesibilă la o bornă exterioară situată pe panoul frontal al osciloscopului. Amplificatorul de deflexie pe orizontală are o schemă mai simplă și mai puțin pretențioasă decît cea a amplificatorului de deflexie pe verticală. El se construiește în variantă nedetașabilă și uneori este prevăzut cu un etaj preamplificator de asemenea nedetașabil. În fig. 2.12 este prezentată schema amplificatorului de deflexie pe orizontală din osciloscopul ORION TR 4401 (R. P. Ungară).

Tensiunea pozitivă în dinți de ferăstrău produsă de generatorul de baleiaj se aplică pe grila repetorului catodic T_1 printr-un divizor compensat cu frecvența. Circuitul C_1, R_1 are o constantă de timp mică și îmbunătățește liniaritatea la extremitățile tensiunii în dinți de ferăstrău. Urmează apoi un repetor de comandă echipat cu tubul T_2. Între cele două tuburi poate fi introdusă, cu ajutorul unui comutator, o rețea de reacție negativă care reduce amplificarea de 5 ori. Repetorul T_2 comandă un

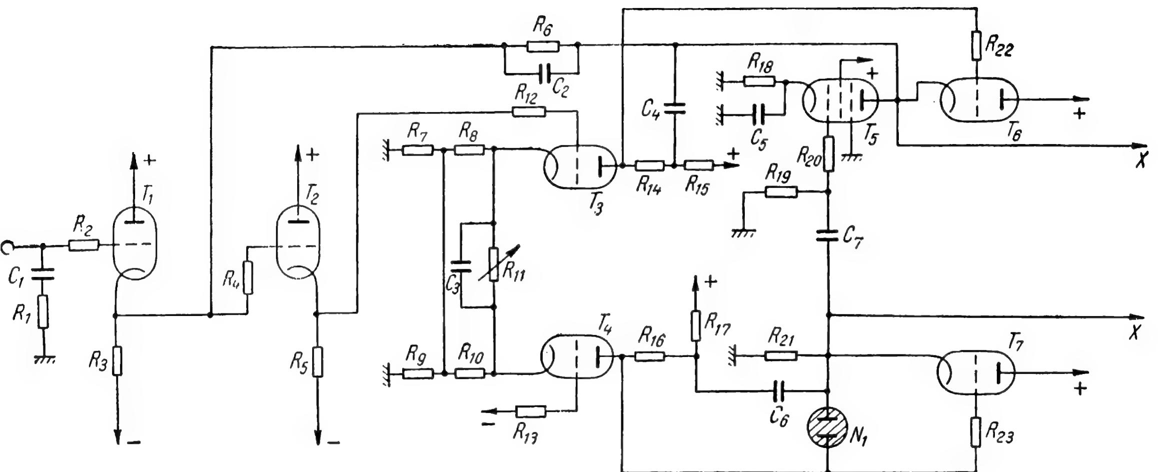


Fig. 2.12. Amplificator de deflexie pe orizontală (ORION TR 4401).

etaj amplificator în contratimp format din T_3 şi T_4. Potenţiometrul R_{11} permite ajustarea amplificării. Sarcina amplificatorului în contratimp este formată din repetoarele catodice de ieşire T_6 şi T_7. Avînd o impedanţă de intrare mare, repetoarele T_6 şi T_7 permit menţinerea constantă a factorului de amplificare pe întreg domeniul de frecvenţe. Condensatoarele C_4 şi C_6 îmbunătăţesc transmiterea semnalului la frecvenţe înalte ale bazei de timp. În cazul funcţionării cu baze de timp foarte rapide curentul prin T_6 şi T_7 este prea mic pentru a descărca plăcile de deflexie pe orizontală şi capacităţile formate de cablajul asociat. Pentoda T_5 furnizează curentul necesar acestui scop permiţînd transmiterea cu mare fidelitate a perioadei negative a tensiunii în dinţi de ferăstrău. O creştere similară de curent în circuitul catodic al repetorului T_6 nu este necesară, deoarece tubul conduce în timpul perioadei pozitive a tensiunii în dinţi de ferăstrău. Curentul adiţional, necesar pentru baze de timp foarte rapide, este obţinut prin aplicarea unui impuls pozitiv dreptunghiular pe grila lui T_5. Acest impuls este obţinut prin diferenţierea tensiunii în dinţi de ferăstrău cu ajutorul circuitului C_7, R_{19}. Amplitudinea lui este proporţională cu viteza de baleiaj. Amplificatorul de deflexie pe orizontală poate fi folosit şi pentru amplificarea altor semnale. În acest caz semnalul se aplică la o bornă exterioară pe panou (HOR. INPUT) trece printr-un preamplificator simplu şi apoi intră în amplificatorul descris mai sus.

În fig. 2.13 se prezintă schema amplificatorului de deflexie pe orizontală din osciloscopul SOLARTRON CD 1220 (Anglia).

Tubul T_1 funcţionează ca repetor catodic. De pe sarcina R_1 a acestuia semnalul se aplică la grila tubului T_2 prin intermediul potenţiometrului R_2 şi al rezistenţei R_4. Scurtcircuitînd cu ajutorul comutatorului K grupul R_2, R_4 se obţine o creştere a amplificării de 5 ori. Potenţiometrul R_7 modifică polarizarea grilei tubului T_2 şi serveşte la centrarea spotului. De la ieşirea acestui al doilea repetor catodic, semnalul este aplicat pe grila tubului T_5 care, împreună cu T_7, formează un amplificator în contratimp. În

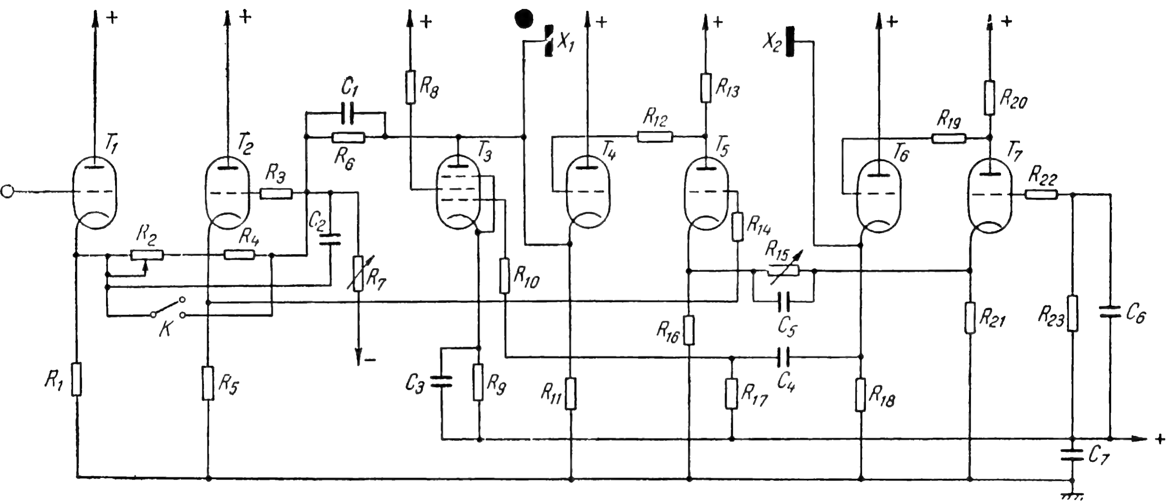


Fig. 2.13. Amplificator de deflexie pe orizontală (SOLARTRON CD 1220, Anglia).

sarcinile tuburilor T_5 și T_7 se află repetoarele catodice T_4 și T_6. Potențiometrul R_{16} controlează amplificarea etajului. Pentoda T_3 îmbunătățește funcționarea schemei în cazul bazei de timp foarte rapide. De la ieșirea repetoarelor T_4 și T_6 semnalul este aplicat pe plăcile de deflexie pe orizontală ale tubului catodic.

În fig. 2.14 este prezentată schema amplificatorului de deflexie pe orizontală din osciloscopul OCT 587 A (CRC Franța).

Semnalul de intrare se aplică în bazele tranzistoarelor T_1 și T_2 montate într-o schemă de contratimp. Potențiometrul R_{13} servește pentru reglajul amplificării. Diodele D_1—D_4 limitează tensiunile de colector care au amplitudine prea mare. De la ieșirea etajului T_1, T_2 semnalul se aplică repetoarelor T_4, T_7 și apoi la bazele tranzistoarelor T_5, T_6. Se observă că tranzistorul T_3 asigură alimentarea cu curent constant a tranzistoarelor T_5 și T_6. După ce traversează transformatorul de simetrizare Tr, semnalul se aplică la emitoarele tranzistoarelor T_8 și T_9 al căror potențial mediu de colector este menținut constant în jurul a 30 V cu ajutorul diodelor Zener D_6 și D_7.

2.4. GENERATORUL DE BALEIAJ

Observarea pe ecran a semnalelor în adevărata lor desfășurare în timp cere aplicarea simultană a două forțe pentru deflexia fasciculului. Deflexia pe direcție verticală corespunde semnalului investigat, iar deflexia pe direcția orizontală trebuie să fie liniară în raport cu timpul.

Deplasarea liniară a spotului se obține prin aplicarea pe plăcile de deflexie orizontală a unei tensiuni uniform crescătoare. După ce această tensiune atinge valoarea maximă, ea descrește liniar și rapid pînă la valoarea inițială. Corespunzător, spotul descrie cursa directă și apoi cursa de întoarcere. Pe ecran apare în acest caz o linie care, în mod obișnuit, se numește bază de timp. Tensiunea liniară sau în dinți de ferăstrău este produsă de generatorul de baleiaj.

Vom analiza la început funcționarea pe scheme simplificate a două dintre cele mai folosite montaje de genera-

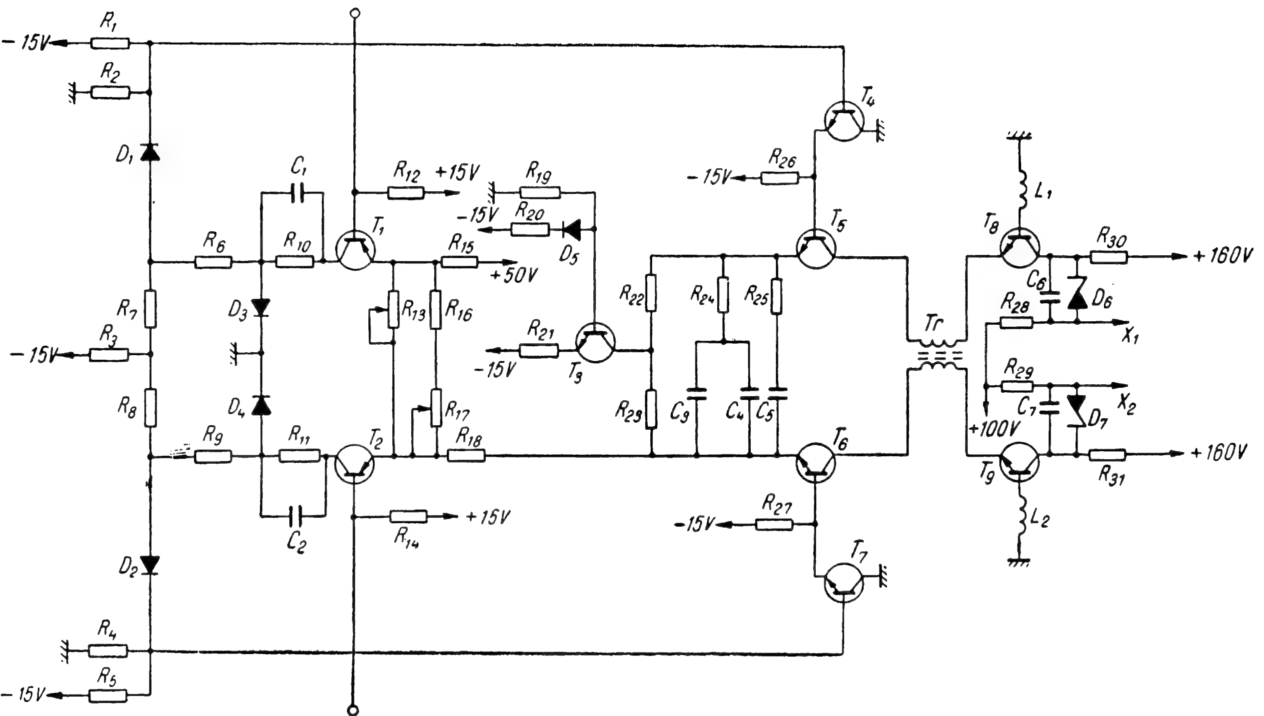


Fig. 2.14. Amplificator de deflexie pe orizontală (OCT 587 A CRC, Franța).

tor de tensiune în dinți de ferăstrău. În fig. 2.15 este prezentată schema integratorului Miller.

Pe grila supresoare se aplică o negativare puternică. În această situație tubul este blocat, iar curentul catodic circulă prin grila ecran. Prin grila de comandă, ușor po-

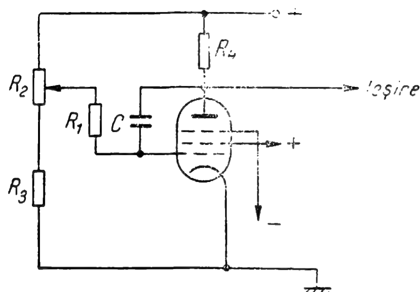


Fig. 2.15. Integrator Miller.

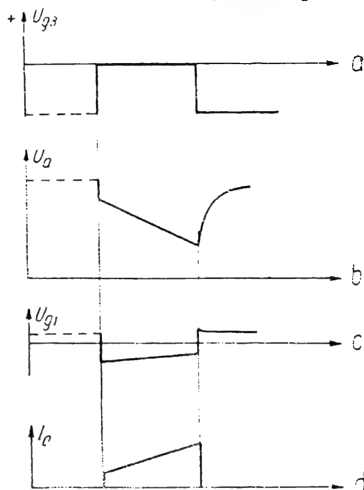


Fig. 2.16. Forme de undă la funcționarea integratorului Miller.

zitivată, circulă un curent și astfel condensatorul C se încarcă la o tensiune egală cu diferența între potențialul anodului și potențialul grilei de comandă. Pe grila supresoare se aplică un impuls pozitiv (fig. 2.16, *a*).

În momentul în care tensiunea pe supresor se anulează, curentul anodic începe să circule prin tub, iar tensiunea anodică suferă o ușoară scădere (treapta Miller, fig. 2.16, *b*). Variația tensiunii anodice este transmisă prin condensatorul C grilei de comandă (fig. 2.16, c). Condensatorul C începe să se descarce prin rezistența R_1 și prin tub. Curentul de descărcare este aproximativ constant și tensiunea anodică descrește liniar în timp. Cursa directă continuă pînă în momentul încetării impulsului pozitiv de comandă. Dacă supresorul este readus în starea de ne-

gativare puternică, tensiunea anodică începe să revină la valoarea inițială după o lege exponențială (fig. 2.16, *b*).

Pentru comanda integratorului Miller poate fi folosit chiar tubul respectiv într-un montaj tranzitron (fig. 2.17).

Cu montajul integrator Miller se pot obține tensiuni în dinți de ferăstrău cu amplitudinea pînă la 80% din tensiunea sursei de alimentare. Dezavantajul principal al schemei este durata prea mare a cursei de întoarcere.

În fig. 2.18 este prezentată schema circuitului cu catod urmăritor (bootstrap).

Tuburile T_1, T_2 și dioda D_1 conduc și tensiunea pe condensatorul C_1 este determinată de curentul care trece prin ele. Tensiunea pe condensatorul C_1 comandă curentul prin repetorul catodic T_2. Funcționarea lui T_2 ca repetor este asigurată prin aplicarea unei tensiuni negative la capătul de jos al rezistenței R_3. Condensatorul C_2 se alege de valoare mare. Impulsul de comandă se aplică pe prima grilă a tubului T_1 și determină blocarea acestuia. Tensiunea pe anodul lui T_1 începe să crească și C_1 se încarcă. Creșterea tensiunii anodului lui T_1 produce creșterea tensiunii catodului, lui T_2, care se transmite prin intermediul lui C_2 producînd creșterea după aceeași lege a tensiu-

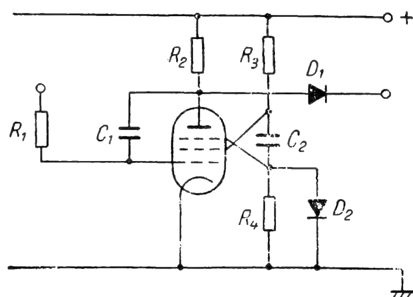


Fig. 2.17. Montaj tranzitron.

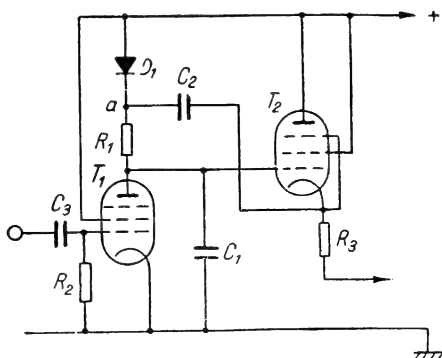


Fig. 2.18. Circuit cu catod urmăritor (bootstrap).

nii în punctul α. La capetele rezistenței R_1 tensiunile variază în același mod, menținîndu-se un curent constant de încărcare a lui C_1, și, în acest fel, se obține o foarte bună liniaritate a tensiunii în dinți de ferăstrău. Creșterea tensiunii catodului T_2 transmisă prin C_2 diodei D_1 produce blocarea ei. Ciclul se încheie la încetarea impulsului de blocare, cînd C începe să se descarce prin tubul T_1.

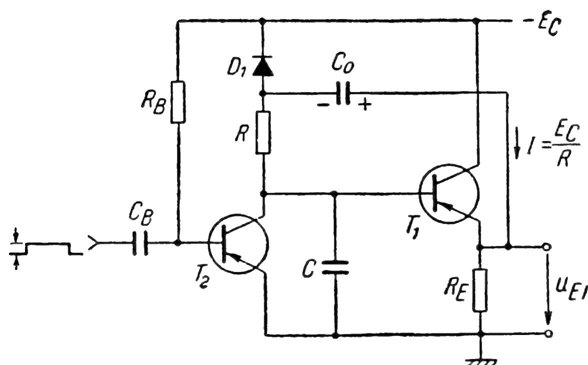


Fig. 2.19. Schemă tranzistorizată de circuit cu catod urmăritor.

Circuitul cu catod urmăritor asigură o pornire mai rapidă a bazei de timp și nu are acea scădere de tensiune denumită treapta Miller. Impedanța de ieșire este foarte mică. În fig. 2.19 este prezentată o variantă tranzistorizată a unui circuit de acest fel.

Schema simplă a unui generator de baleiaj cu tiratron (osciloscopul C1-1, U.R.S.S.) este prezentată în fig. 2.20.

Domeniul frecvențelor este cuprins între 2 Hz și 50 kHz. După aplicarea tensiunii de alimentare, condensatorul C_3 începe să se încarce pînă cînd tensiunea lui atinge valoarea la care se produce aprinderea tiratronului T_1. Urmează descărcarea condensatorului C_3 prin tubul T_1 pînă la valoarea tensiunii de stingere. Procesul se repetă apoi. Tensiunea în dinți de ferăstrău obținută are o frecvență care depinde de valorile elementelor R_3—R_6 și C_3. Potențiometrul R_6 servește la reglajul fin al frecvenței. Prin C_1 se poate aplica pe grila tiratronului o tensiune de sincronizare a cărei amplitudine poate fi reglată cu ajutorul potențiometrului R_1. Tensiunea minimă de

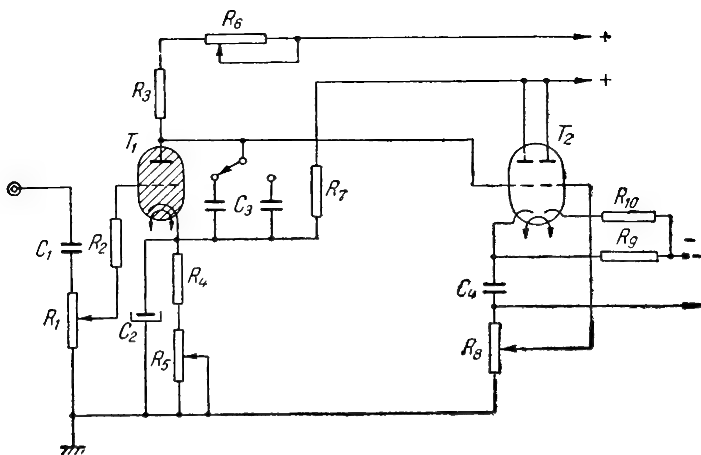


Fig. 2.20. Generator de baleiaj (C1-1, U.R.S.S.).

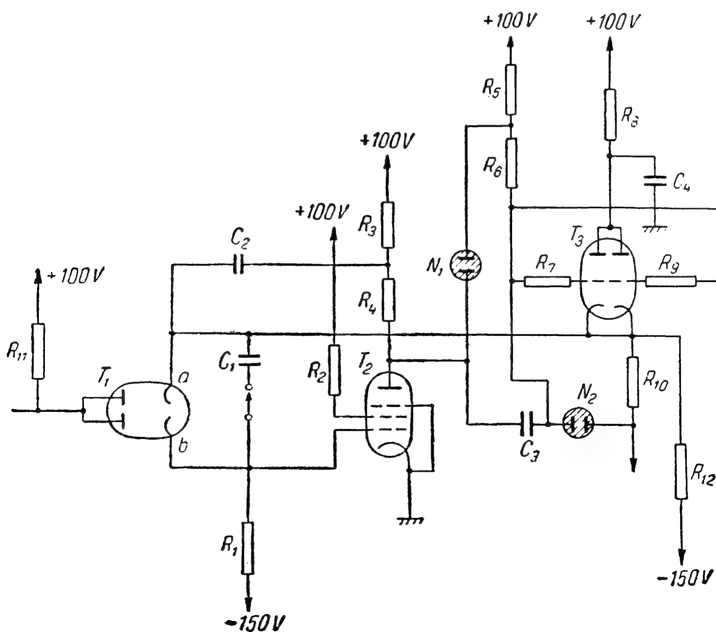


Fig. 2.21. Generator de baleiaj (Tektronix 585, S.U.A.).

sincronizare este de 0,05—0,1 V. Amplitudinea tensiunii în dinți de ferăstrău poate fi reglată cu ajutorul potențiometrului R_8 plasat la catodul tubului T_2.

În fig. 2.21 este prezentat generatorul de baleiaj din osciloscopul Tektronix 585 (S.U.A.).

Tubul T_2 funcționează ca integrator Miller cu condensatorul C_1. Inițial anozii diodelor se află la o tensiune de —3 V. Prin dioda T_{1b} circulă un curent mic, astfel că pe grila de comandă a tubului T_2 se stabilește o tensiune de —3,3 V. Catodul diodei T_{1a} este ținut la o tensiune de —5 V, ceea ce provoacă trecerea prin diodă a unui curent mare. Condensatorul C_1 dintre catozii diodelor se va încărca la o tensiune de 1,7 V, menținîndu-se astfel un nivel constant al tensiunii inițiale și micșorîndu-se instabilitatea inițială. Tubul T_3 funcționează ca repetor catodic. Între grila lui T_3 și anodul lui T_2 este plasat un tub cu neon N_1. Variațiile tensiunii anodice ale tubului T_2 vor fi urmărite de grila lui T_3 și, în plus, între ele va fi menținută o diferență de potențial constantă și egală cu 55 V. Aplicarea unui impuls negativ de comandă (de la multivibratorul de formare) blochează diodele și generatorul de baleiaj începe să funcționeze. Negativarea grilei de comandă și tensiunea anodică a lui T_2 cresc. Prin repetor și prin condensatorul C_1 această variație este transmisă grilei de comandă a lui T_2 micșorînd negativarea. Curentul prin R_1 se menține constant permițînd o încărcare constantă și astfel o creștere liniară a tensiunii lui C_1. Tensiunea în dinți de ferăstrău de la ieșirea repetorului este folosită ca tensiune de baleiaj, dar poate fi adusă printr-un alt repetor catodic și la panoul frontal al osciloscopului pentru utilizări externe.

În fig. 2.22 este prezentată schema generatorului de baleiaj din osciloscopul SOLARTRON CD 1220 (Anglia). El generează o tensiune liniară prin încărcarea condensatorului C_3 cu un curent constant, utilizînd pentru aceasta un circuit cu catod urmăritor. Catodul tubului T_2 este cuplat cu grila tubului T_1 prin tubul cu neon N_1 care realizează acțiunea de urmărire. Catodul lui T_1 urmărește variațiile tensiunii grilei lui T_2 menținîndu-se astfel un curent constant de încărcare. Tensiunea în dinți de fe-

răstrău apare pe sarcina R_7 a repetorului şi poate fi folosită exterior prin intermediul condensatorului C_2.

Cu ajutorul unui comutator se poate alege una dintre cele 24 de trepte de timp din intervalul 100 ns/ şi 1 s/cm. Potenţiometrul R_6 permite acoperirea continuă a fiecărei trepte.

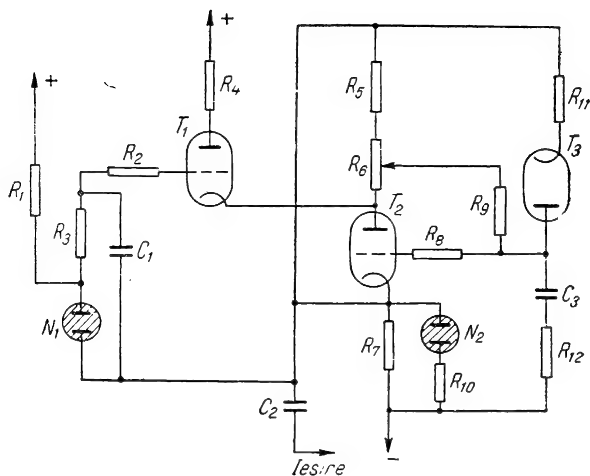


Fig. 2.22. Generator de baleiaj (SOLARTRON CD 1220, Anglia).

În fig. 2.23 este prezentată schema generatorului de baleiaj rapid din osciloscopul cu eşantionare OSA 601 (X 12) (R. P. Polonă).

Circuitul cu catod urmăritor folosit asigură o bună liniaritate şi stabilitate, iar repetorul catodic o impedanţă de ieşire mică. Un generator autoblocat, produce impulsul negativ de comandă care aplicat pe prima grilă a tubului T_1, determină blocarea acestuia. Creşterea tensiunii anodice implică încărcarea condensatorului C_4 şi creşterea tensiunii catodului lui T_2, care se transmite prin C_3 punctului *a*. Se realizează astfel un curent constant prin R_4 şi prin condensatorul de încărcare C_4. Ciclul se încheie odată cu încetarea impulsului de comandă cînd condensatorul C_4 se descarcă prin tubul T_1. Condensatorul C_4 se

compune dintr-un condensator fix de 16 pF și unul semivariabil de 8—30 pF, permițînd variația pantei tensiunii în dinți de ferăstrău. Circuitul generează tensiuni cu amplitudinea de 80 V și cu o pantă de 25 V/100 ns.

În fig. 2.24 este prezentată schema generatorului de baleiaj din osciloscopul PM 3370 (Philips, Olanda).

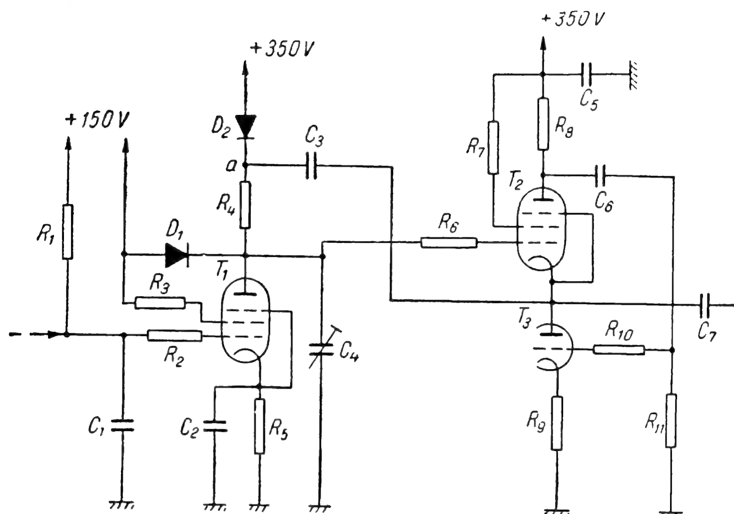


Fig. 2.23. Generator de baleiaj (OSA 601-X12, R. P. Polonă).

Tensiunea în dinți de ferăstrău se obține prin încărcarea condensatorului C_1 cu un curent constant și apoi prin descărcarea rapidă a acestuia. Tranzistorul T_2, care are în emitor o rezistență R_1 de valoare mare, asigură menținerea curentului constant de încărcare. Tensiunea la bornele lui R_1 este determinată de tensiunea sursei de alimentare și de tensiunile emitor-bază ale tranzistoarelor T_2 și T_3. Tensiunea pe condensatorul C_1 va crește liniar în timp. Viteza de creștere a acestei tensiuni depinde de valoarea lui C_1, care poate fi schimbată în trepte cu ajutorul unui comutator timp/cm de pe panoul frontal (nu apare în schemă). Tranzistorul T_3 lucrează ca repetor pe emitor. Impulsurile dreptunghiulare produse de circui-

tul de formare se aplică la baza tranzistorului T_1, determinînd blocarea sau conducţia acestuia. În timpul în care T_1 este blocat se produce încărcarea condensatorului C_1 şi astfel se obţine rampa crescătoare a tensiunii în dinţi de ferăstrău. Cînd T_1 conduce, condensatorul C_1 se descarcă rapid şi se obţine rampa descrescătoare. Tensiu-

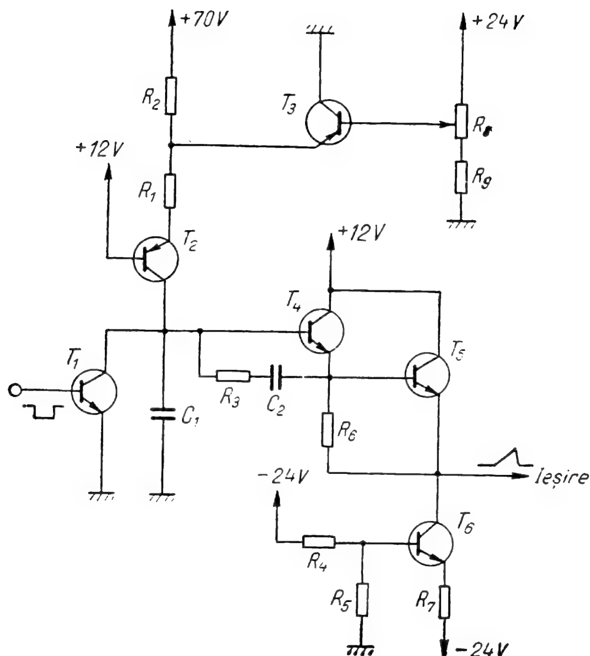


Fig. 2.24. Generator de baleiaj (PM3370 Philips, Olanda).

nea în dinţi de ferăstrău rezultată se aplică unui repetor pe emitor dublu (pereche Darlington) format de tranzistoarele T_4 şi T_5. Pentru obţinerea unei bune liniarităţi curentul bazei lui T_4 trebuie menţinut constant. Acest lucru se asigură cu ajutorul tranzistorului T_6 care formează o sursă de curent. Circuitul C_2, R_3 compensează neliniarităţile care apar în cazul vitezelor de baleiaj mari.

În fig. 2.25 este prezentată schema generatorului de baleiaj din osciloscopul TR 4351 (Orion, R. P. Ungară).

În momentul inițial tensiunea la bornele condensatorului C_1 este zero. Circuitul integrat M_1 (tip FG-1) conține

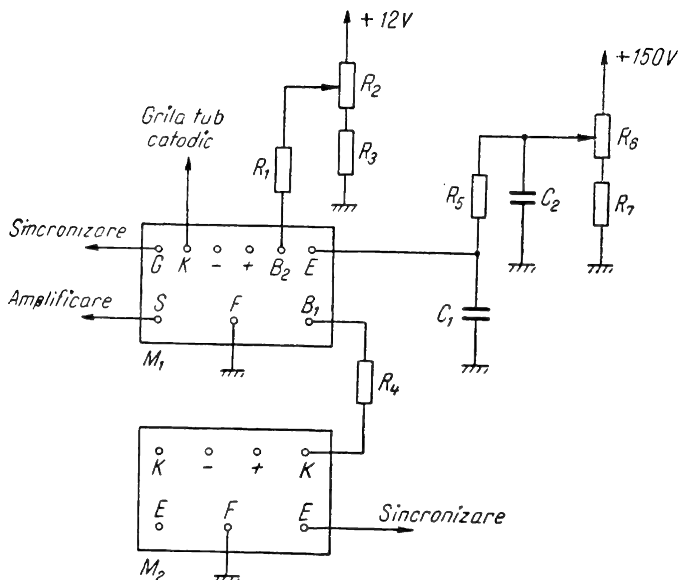


Fig. 2.25. Generator de baleiaj (TR 4351, R. P. Ungară).

un tranzistor unijoncțiune (un dispozitiv semiconductor construit dintr-o bară de siliciu de tip *n* avînd două contacte ohmice la capete și o joncțiune *pn* la mijloc; dependența curentului emitorului de tensiunea între emitor și o bază prezintă o porțiune de rezistență negativă). Emitorul acestuia (accesibil la borna *E*) este polarizat în sensul de blocare a joncțiunii. Condensatorul C_1 începe să se încarce prin intermediul rezistenței R_5. În momentul în care tensiunea la bornele condensatorului C_1, deci tensiunea de emitor a tranzistorului unijoncțiune, atinge valoarea caracteristică $nU_{B_1B_2}$ (de obicei jumătate din valoarea tensiunii între cele două baze B_1 și B_2 ale tranzistorului uni-

joncţiune) curentul prin circuitul de emitor începe să circule. Astfel, condensatorul C_1 se descarcă pînă în momentul anulării curentului de emitor. Procesul se repetă şi astfel se obţine la borna S a circuitului integrat M_1 tensiunea în dinţi de ferăstrău necesară bazei de timp. Panta tensiunii în dinţi de ferăstrău depinde de valorile elementelor C_1 şi R_5 şi de amplitudinea tensiunii sursei de alimentare. Potenţiometrul R_6 serveşte la modificarea valorii acestei tensiuni. Amplitudinea tensiunii în dinţi de ferăstrău se poate regla cu ajutorul potenţiometrului R_1 care modifică tensiunea $U_{B_1B_2}$. Sincronizarea generatorului de baleiaj se face prin intermediul circuitului integrat M_2 (tip FEK-1) care conţine un repetor catodic construit cu un tranzistor cu efect de cîmp (FET). Impulsurile de sincronizare se aplică la borna B_1 a circuitului integrat M_1. Pentru modularea intensităţii spotului, impulsurile de polaritate negativă obţinute la borna K a circuitului M_1 se aplică pe grila tubului catodic.

Imaginea pe ecranul tubului catodic trebuie să fie nemişcată. Pentru aceasta, declanşarea bazei de timp trebuie să se producă întotdeauna în acelaşi punct al semnalului investigat. Este necesară menţinerea unui raport constant între frecvenţa tensiunii bazei de timp şi frecvenţa semnalului investigat. Un generator de baleiaj care să poată asigura o stabilitate mare a frecvenţei este destul de greu de realizat. Se preferă metoda sincronizării bazei de timp, adică folosirea unui semnal special pentru declanşarea generatorului de baleiaj. Sincronizarea bazei de timp se poate face cu ajutorul semnalului investigat, cu tensiunea reţelei sau cu o tensiune exterioară. Semnalul investigat poate fi luat pentru sincronizare chiar de la ieşirea amplificatorului de deflexie pe verticală. În acest mod nu mai este necesar un amplificator special al sincronizării, iar semnalul de sincronizare poate fi ales cu polaritatea dorită de la unul sau celălalt tub din etajele în contratimp. Pentru obţinerea unei bune sincronizări se folosesc scheme de coincidenţă ca în fig. 2.26.

Tensiunea bazei de timp se aplică pe grila supresoare a tubului T_1, menţinîndu-l blocat pe toată durata cursei directe. Tensiunea de sincronizare se aplică pe grila de

comandă. Tubul se deschide cînd pe grila de comandă se aplică impulsuri pozitive. În secundarele transformatorului de impulsuri din anodul tubului apar două impulsuri diferențiate și cu polarități opuse care pot fi folosite pentru sincronizare. Tensiunile exterioare utilizate pentru sincronizarea bazei de timp pot avea frecvențe cuprinse

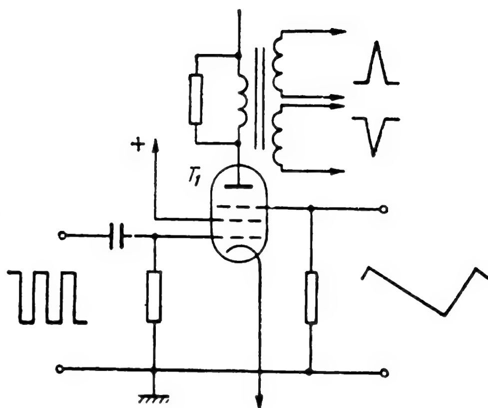


Fig. 2.26. Schemă de coincidență.

între frecvența zero (c.c.) și cîțiva megaherți. În fig. 2.27 este prezentată schema de declanșare a bazei de timp din osciloscopul ORION TR 4401 (R. P. Ungară).

Comutatorul *K* are 5 poziții și servește la schimbarea modurilor de declanșare a bazei de timp. Tensiunea de comandă se aplică la borna *I* de unde ajunge la amplificatorul diferențial format din tuburile T_1 și T_2. De aici tensiunea de comandă este aplicată unui circuit de formare, triggerul Schmitt T_3 și T_4. În poziția *DC* a comutatorului impulsul de la intrare este aplicat direct pe grila tubului T_1 și apoi tot prin cuplaj de curent continuu, circuitului de formare. În poziția *AC* condensatorul C_1 elimină componenta continuă a impulsului de comandă. Se menține însă cuplajul de curent continuu între amplificatorul diferențial și triggerul Schmitt. În poziția *AC LF REJECT* impulsul de comandă trece prin filtrul trece-sus format din C_2, R_2. Filtrul reține frecvențele joase. În poziția *AUTO*, circuitul de formare este transformat în-

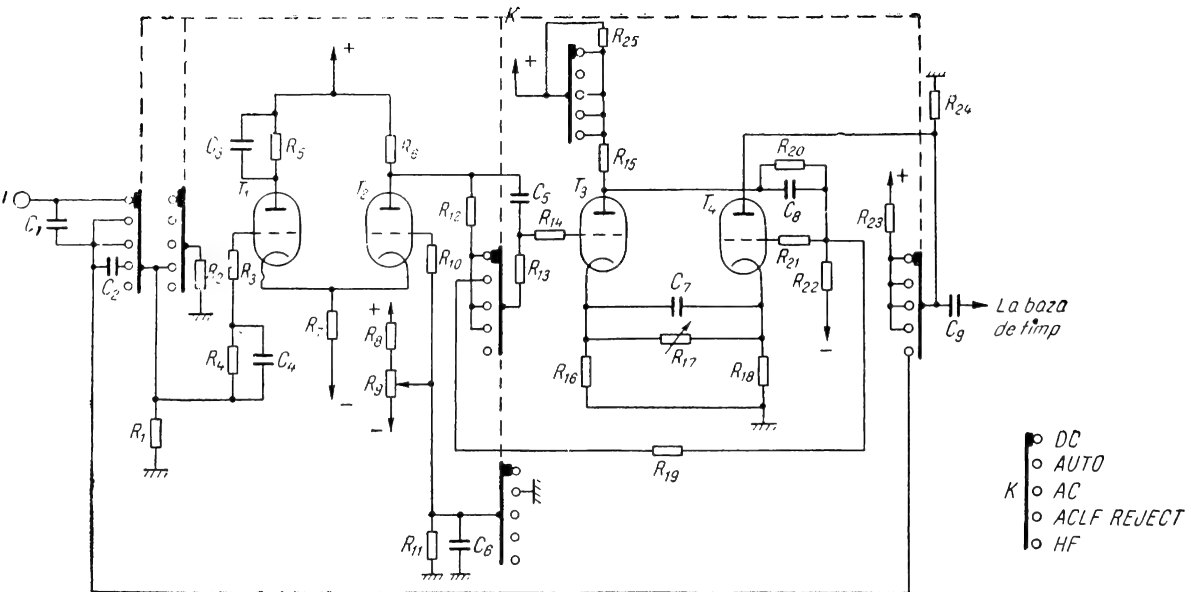


Fig. 2.27. Schemă de declanșare a bazei de timp (ORION TR 4401).

tr-un circuit astabil prin conectarea grilei tubului T_4 cu grila tubului T_3 prin R_{19}. Această rezistență face ca circuitul astabil să oscileze singur, fără comanda exterioară. În plus, pe grila tubului lui T_3 se poate aplica un semnal de comandă prin intermediul lui C_5. Este nevoie însă ca acest semnal să aibă amplitudine mare. În poziția *HF* semnalul de la intrare este aplicat direct bazei de timp. Armonicile superioare ale acestui semnal vor sincroniza generatorul de baleiaj. Din acest motiv folosirea acestui mod de sincronizare se face în domeniul 5—30 MHz. Se menționează că semnalul de declanșare obținut în aceste circuite trece în prealabil printr-un multivibrator al bazei de timp și, de la ieșirea acestuia, comandă generatorul de baleiaj (v. și fig. 2.21).

Osciloscoapele Tektronix 545 și 585 dispun de două generatoare (*A* și *B*) în blocul de baleiaj. Aceste generatoare pot funcționa împreună sau separat, lărgindu-se astfel domeniul de folosire a osciloscopului. Anumite porțiuni de semnal pot fi amplificate în mod special sau pot fi lărgite în timp („lupă de timp"). Se pot observa mai bine nestabilitățile fronturilor impulsurilor și, în general, se mărește precizia măsurărilor intervalelor de timp. În poziția „intensificare" a comutatorului modului de lucru imaginea este desfășurată pe ecran cu ajutorul generatorului de baleiaj *B*. Dacă viteza de baleiaj a generatorului *A* este mai mare decît a generatorului *B*, atunci o anumită porțiune din semnal apare mai intens pe ecran. Trecînd în poziția „baza *A* întîrziată de baza *B*" porțiunea de semnal care prezintă interes deosebit poate fi „dilatată" așa ca să ocupe toată suprafața utilă a ecranului.

2.5. BLOCUL DE ALIMENTARE

Blocul pentru alimentarea osciloscopului se compune din mai multe redresoare. Unul dintre ele produce tensiunea înaltă necesară tubului catodic, iar celelalte sînt destinate alimentării diverselor scheme electronice ale osciloscopului. Înstabilitatea tensiunii rețelei produce modificarea sensibilității osciloscopului, deplasări nedorite ale spotului pe ecran, defocalizare etc. Din acest motiv,

în majoritatea osciloscoapelor se folosește stabilizarea electronică a redresoarelor. În unele scheme de amplificatoare alimentarea filamentelor tuburilor electronice se face de la un redresor stabilizat de tensiune mică (12,6 V). Redresorul de tensiune foarte înaltă trebuie să furnizeze un curent mic (de ordinul a cîțiva mA) la o tensiune cuprinsă între 7—800 V și 12—15 kV. Schema lucrează în regim de redresare monoalternanță cu dublare sau triplare de tensiune. Tensiunea alternativă care urmează a fi redresată se obține cu ajutorul unui transformator ridicător de tensiune și care lucrează pe frecvența rețelei sau cu ajutorul unui oscilator care lucrează în radiofrecvență. Oscilatorul prezintă unele avantaje printre care filtrajul simplu, dimensiunile mici și pericol redus de electrocutare.

În fig. 2.28 este prezentată schema simplă a redresorului de foarte înaltă tensiune din osciloscopul C1-6 (U.R.S.S.).

Tubul catodic este alimentat de la două redresoare monoalternanță cu seleniu de tip ABC-1000. Potențiometrul R_1 reglează tensiunea redresată. Trebuie precizat că tensiunea rețelei electrice folosite are o frecvență de 400 Hz.

În fig. 2.29 este prezentată schema redresorului de foarte înaltă tensiune din osciloscopul SOLARTRON CD 1220 (Anglia).

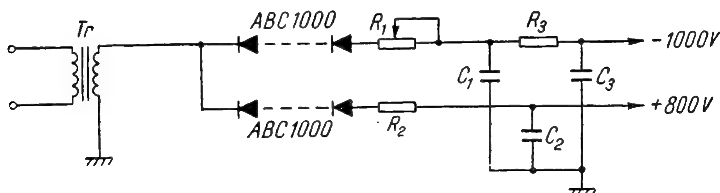


Fig. 2.28. Redresor de foarte înaltă tensiune (C1-6, U.R.S.S.).

Pentoda T_1 lucrează ca oscilator Hartley producînd o tensiune cu frecvența de 60 kHz. Inductanța circuitului acordat este formată de primarul transformatorului *Tr*. Secundarul transformatorului are o înfășurare de foarte înaltă tensiune cu priză și patru înfășurări de încălzire a

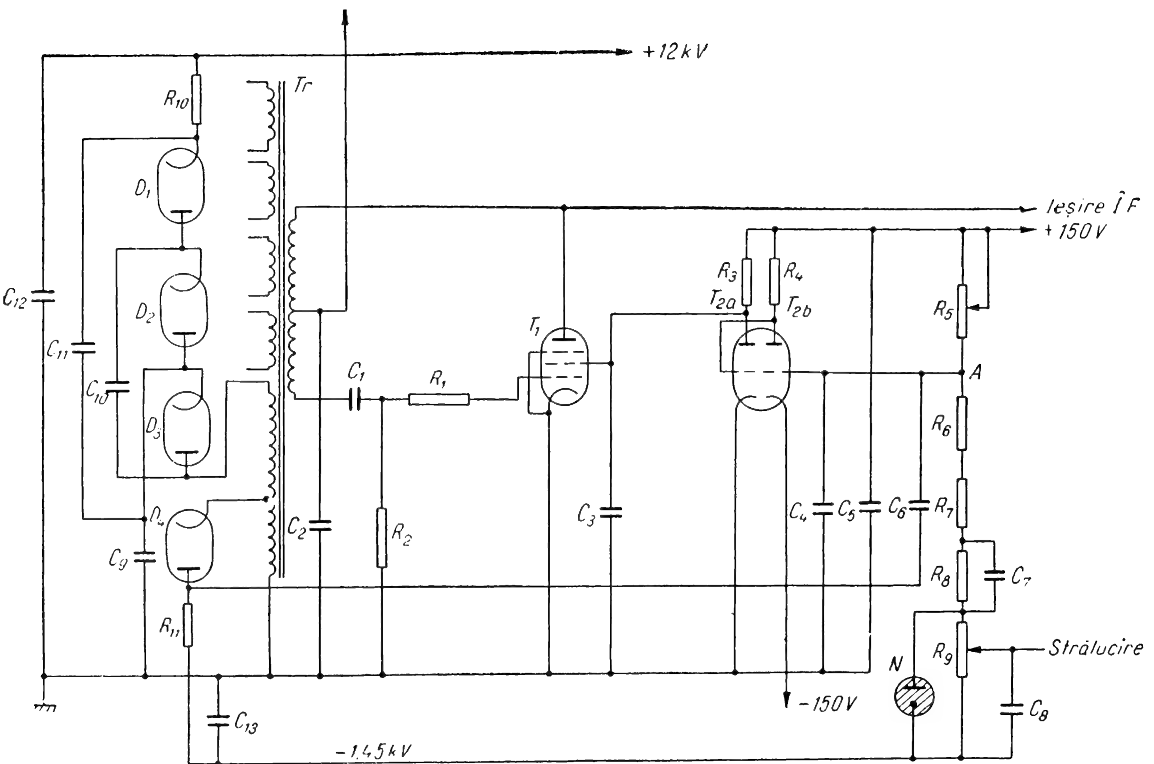


Fig. 2.29. Redresor de foarte înaltă tensiune (SOLARTRON CD 1220).

filamentelor diodelor redresoare. Întreaga tensiune înaltă este aplicată unui redresor cu triplare de tensiune format din diodele D_1, D_2 și D_3 și condensatoarele C_{10}, C_{11}. Tensiunea continuă de 12 kV obținută este filtrată cu ajutorul condensatorului C_{12} și apoi aplicată electrozilor de postaccelerare a_4 și a_5 din tubul catodic. O secțiune a secundarului de foarte înaltă tensiune este folosită pentru obținerea unei tensiuni de —1,45 kV necesară circuitelor de reglare a spotului. Redresarea se face cu ajutorul diodei D_4, iar filtrarea prin C_{13}. Divizorul R_5—R_9 servește, pe de o parte, pentru obținerea diverselor tensiuni necesare la reglarea spotului, iar pe de altă parte, la obținerea în punctul A a unei tensiuni puțin sub —150 V cînd tensiunea sursei de —1,45 kV are valoarea nominală. Orice variație a tensiunii de —1,45 kV atrage după sine apariția pe grila tubului T_{2b} a unui semnal care este amplificat de tubul T_2 și apoi aplicat pe ecranul oscilatorului (tubul T_1). În acest mod amplitudinea oscilației este modificată în sensul revenirii tensiunii continue înalte la valoarea nominală.

În fig. 2.30 este prezentată schema redresorului de foarte înaltă tensiune din osciloscopul OCT 587 A (CRC Franța).

Tranzistorul T_4 lucrează ca oscilator în clasa C pe o frecvență de 20 kHz. Transformatorul Tr ridică tensiunea produsă de oscilator pînă la 600—700 V. La ieșirile transformatorului se află două redresoare cu multiplicare de tensiune care asigură +8 000 V și —1 500 V respectiv. Redresorul de —1 500 V este prevăzut cu o schemă de stabilizare a tensiunii realizată cu tranzistoarele T_1, T_2 și T_3. Variațiile tensiunii redresate sînt transmise prin condensatorul C_1 la intrarea amplificatorului format cu T_1, T_2 și T_3. Dioda D_3 protejează joncțiunea bază-emitor a tranzistorului T_4.

Redresoarele de tensiune înaltă produc tensiuni cuprinse între 75 și 400 V. Se folosesc scheme de redresare dublă alternanță sau în punte și majoritatea sînt stabilizate electronic.

În fig. 2.31 este prezentată schema din osciloscopul C1-6 (U.R.S.S.).

Fig. 2.30. Redresor de foarte înaltă tensiune (OCT 587 A, CRC).

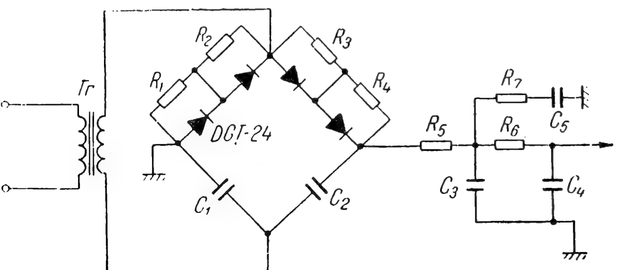


Fig. 2.31. Redresor de înaltă tensiune (C1-6, U.R.S.S.).

Se folosesc diode tip DGȚ-24 legate în serie două cîte două, cu rezistențe de egalizare, într-un montaj cu dublare de tensiune. Filtrul este de tip Π și este format din rezistențele R_6 și condensatoarele C_3 și C_4.

În fig. 2.32 este prezentată schema redresorului care produce tensiunea de —150 V din osciloscopul SOLARTRON (Anglia).

Tensiunea alternativă din secundarul transformatorului este aplicată unei punți redresoare formată din diodele D_1—D_4 de tip 40AS. Condensatorul C_1 și rezistența R_1 servesc la protejarea punții în cazul supratensiunilor. Tensiunea redresată este aplicată unui stabilizator electronic format din tuburile T_1—T_3. Lanțul divizor R_{14}—R_{16} legat în paralel cu ieșirea produce în punctul A un semnal de eroare care se aplică pe grila tubului T_{3a}, care împreună cu tubul T_{3b} formează un amplificator diferențial. Semnalul de eroare amplificat este apoi aplicat direct pe grila de comandă a tubului T_2 care, la rîndul său, comandă grila tubului stabilizator serie T_1. Potențiometrul R_{15} servește la reglajul precis al tensiunii de —150 V. Tiratronul S_1 asigură o tensiune cît mai fixă pentru polarizarea grilei tubului T_{3b}. Osciloscopul SOLARTRON este prevăzut cu încă două redresoare asemănătoare pentru obținerea tensiunilor de +75, +150, +250 și +320 V.

Redresorul de joasă tensiune produce tensiunea necesară alimentării filamentelor tuburilor din unele amplificatoare.

În fig. 2.33 este prezentată schema redresorului din osciloscopul SOLARTRON CD 1 220 care produce o tensiune de 12,6 V la un curent de 3,5 A.

Tensiunea alternativă din secundarul transformatorului este aplicată unei punți redresoare formată din diodele D_1—D_4 de tip 1S420. Tensiunea continuă obținută este aplicată unui stabilizator electronic format din tranzistoarele T_1—T_4. Stabilizatorul serie este format din T_1 și T_2. Pentru reducerea puterii disipate în tranzistorul T_1 se folosește șuntul R_1. Lanțul divizor R_8—R_{10}, legat în paralel cu ieșirea, produce în punctul A un semnal de eroare care se aplică la baza lui T_4. Semnalul de corecție este luat de la colectorul lui T_4 și aplicat la baza lui T_2,

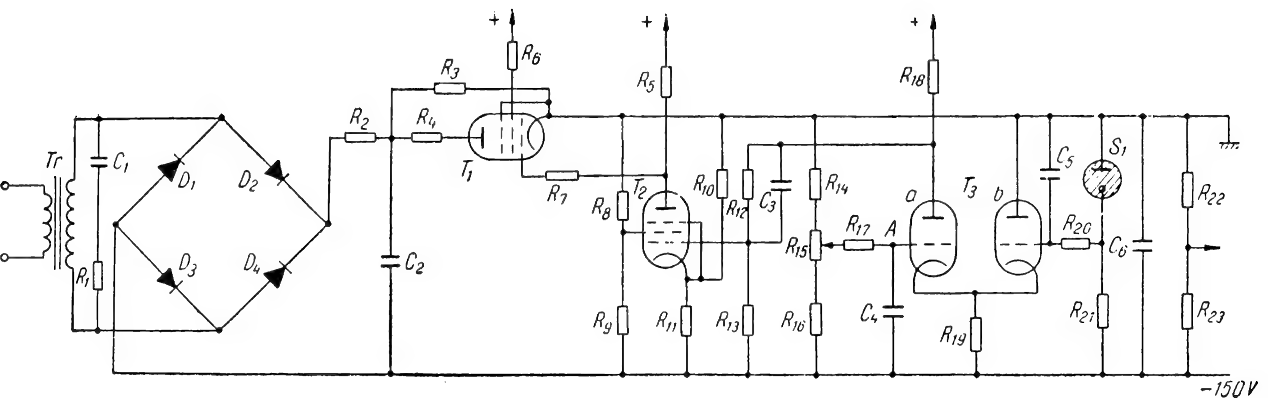


Fig. 2.32. Redresor de —150 V (SOLARTRON CD 1220, Anglia).

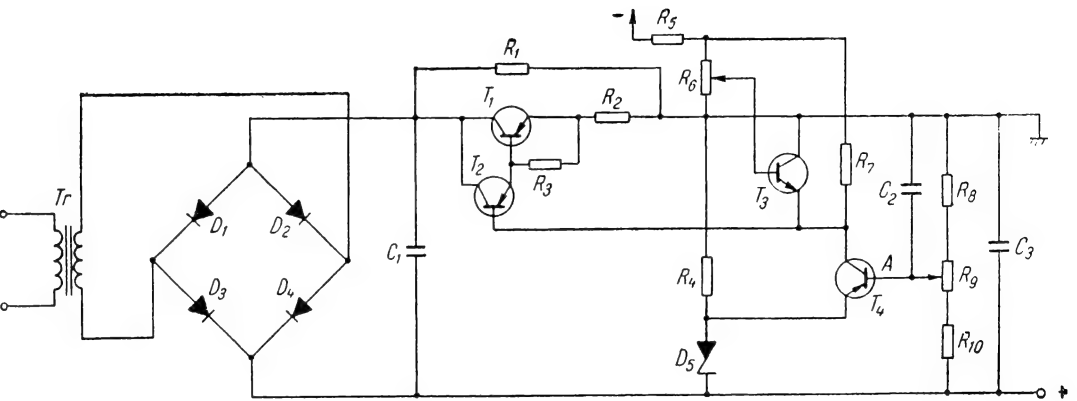


Fig. 2.33. Redresor de 12,6 V (SOLARTRON CD 1220, Anglia).

legat ca repetor și cuplat direct cu T_1. Dioda Zener D_5 produce o tensiune de referință pentru emitorul lui T_4. Tranzistorul T_3 de tip *npn* lucrează ca limitator de curent. El este normal blocat prin polarizarea dată de R_5 și R_6. Cînd curentul de sarcină depășește valoarea nominală limită, potențialul din baza tranzistorului T_2 și din emitorul lui T_3 devine suficient pentru a produce conducția lui T_3. Tranzistorul T_1 se blochează și curentul de suprasarcină trece numai prin șuntul R_1.

2.6. CIRCUITUL DE CALIBRARE A AMPLITUDINII

Utilizarea osciloscopului pentru măsurări cantitative impune calibrarea diviziunilor ecranului. Aceasta se realizează prin aplicarea la bornele de intrare pe verticală a unei tensiuni cunoscute, cu amplitudinea cît mai constantă. Tensiunea de calibrare este produsă de un circuit special din interiorul osciloscopului și este accesibilă la o bornă de pe panoul frontal notată *IEȘIRE CALIBRATĂ (CAL. OUT).* De obicei, tensiunea de calibrare are forma unor impulsuri dreptunghiulare cu o frecvență de 1 kHz. Amplitudinea tensiunii de calibrare este menținută cu o precizie de $\pm 3\%$ putînd atinge în cazuri speciale $0{,}1\%$. Schema este prevăzută cu un divizor rezistiv care permite obținerea unor tensiuni de la fracțiuni de milivolt pînă la zeci de volți.

Există și osciloscoape cu atenuatorul calibrat direct în mV/cm.

În fig. 2.34 este arătată schema circuitului de calibrare a amplitudinii din osciloscopul ORION 1546, care apare și în unele osciloscoape Tektronix.

Tuburile T_1 și T_2 formează un multivibrator cu frecvența de 1 kHz. Se observă că din T_2 se folosește numai partea catod — grila de comandă — grila ecran. Curentul anodic al tubului T_2 are forma unor impulsuri dreptunghiulare. Salturile curentului se produc în momentele în care se face trecerea din starea de conducție în starea de blocare a lui T_2 și invers. Tubul T_3 reprezintă un repetor catodic. În momentul cînd T_2 este blocat, tensiunea

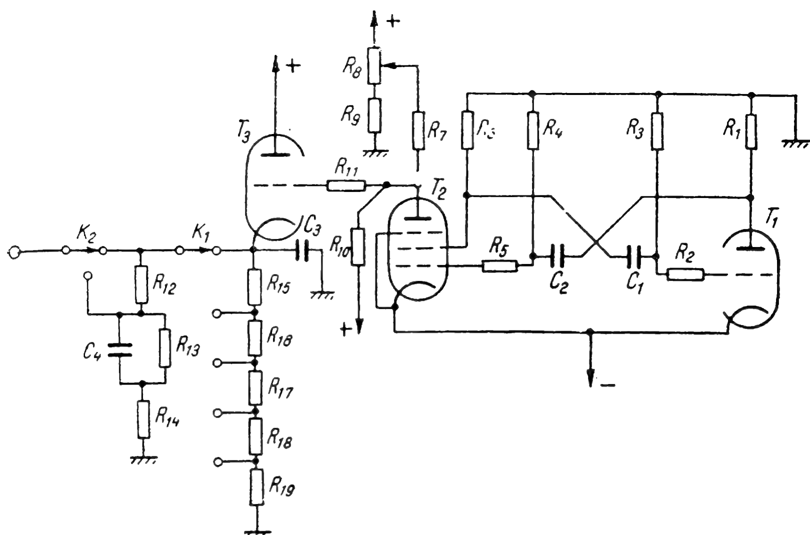


Fig. 2.34. Circuit de calibrare a amplitudinii (Tektronix 585 S.U.A.).

pe grila lui T_3 este determinată de divizorul R_7—R_{10} și poate fi reglată cu ajutorul potențiometrului R_8 *(CAL. ADJ.)*. Cînd T_2 conduce, T_3 se blochează, iar tensiunea de ieșire a repetorului revine nulă. Se obține astfel o tensiune cu forma din fig. 2.35.

Comutatorul K_1 servește la schimbarea treptelor tensiunii de calibrare, iar comutatorul K_2 permite trecerea de la tensiuni de ordinul volților la tensiuni de ordinul

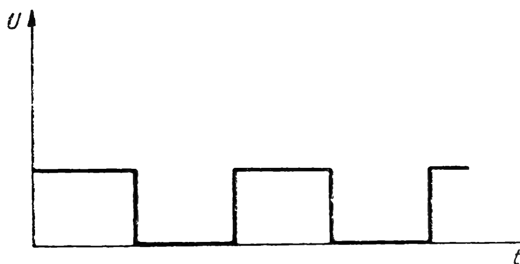


Fig. 2.35. Forma de undă a tensiunii de calibrare.

milivolţilor. Se menţionează că este indicată efectuarea calibrării imediat înaintea citirii tensiunii necunoscute pe ecranul osciloscopului.

2.7. CIRCUITUL DE CALIBRARE A DURATEI

În mod obişnuit, în osciloscoapele moderne calibrarea duratei se face cu ajutorul unor repere luminoase. Imaginea semnalului de studiat va apărea astfel compusă din porţiuni luminoase alternate cu porţiuni întunecate. Calibrarea duratei se face cu un generator special care produce o succesiune de impulsuri cu o frecvenţă de repetiţie cunoscută. Aceste impulsuri de tensiune sînt aplicate pe catodul tubului catodic. Funcţionarea generatorului de impulsuri este sincronizată cu baza de timp şi astfel distribuţia punctelor luminoase va fi mereu constantă, depinzînd de scara de timp în care lucrează baza de timp. Cunoscînd numărul de puncte luminoase ale imaginii şi frecvenţa de repetiţie a impulsurilor se poate determina durata semnalului de studiat. În fig. 2.36 este prezentată schema de calibrare a duratei din osciloscopul CI-1 (U.R.S.S.). Această schemă permite obţinerea unor impul-

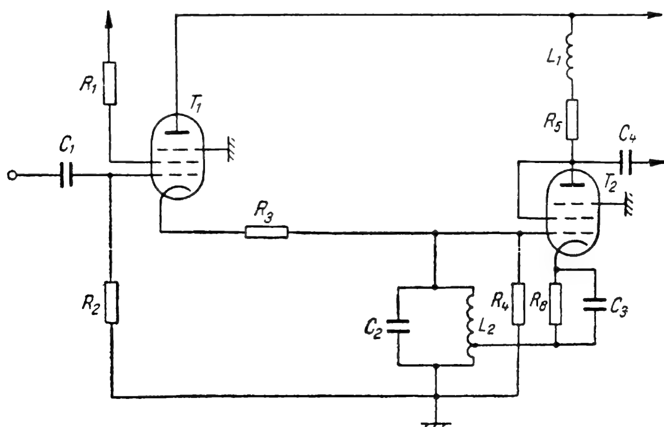


Fig. 2.36. Schemă de calibrare a duratei (CI-1, U.R.S.S.).

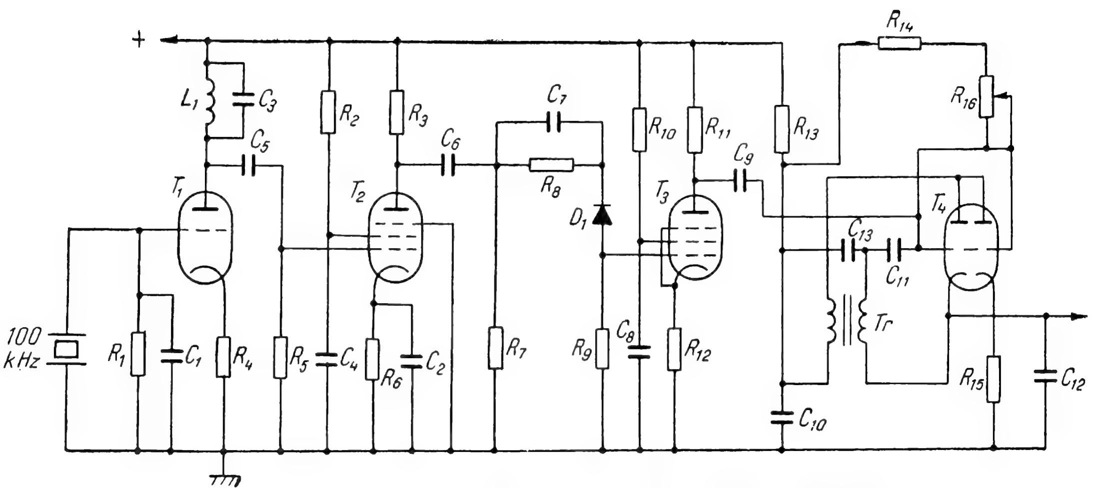


Fig. 2.37. Schemă de calibrare a duratei (OK-25, U.R.S.S.).

suri cu durata între 0,05 și 100 μs. Un impuls negativ luat de la generatorul de baleiaj produce blocarea repetorului catodic T_1. În acest mod se poate sincroniza tensiunea de calibrare a duratei cu tensiunea generatorului de baleiaj. Durata impulsului este egală cu durata cursei directe a bazei de timp. După aplicarea impulsului de comandă circuitul L_2, C_2 intră în oscilație. Tubul T_2 întreține aceste oscilații. Rezistența R_4 servește la uniformizarea amplitudinilor oscilațiilor. Schema, care este destul de simplă, trebuie să fie destul de des verificată cu ajutorul unui generator cu cuarț.

În fig. 2.37 este prezentată schema de calibrare a duratei din osciloscopul OK 25 (U.R.S.S.) care produce impulsuri cu o frecvență de repetiție cuprinsă între 50 și 100 kHz.

Tubul T_1 funcționează ca generator de tensiune sinusoidală. Între grila și catodul tubului este legat un cuarț cu frecvența proprie de 100 kHz. Circuitul L_1, C_3 din anodul lui T_1 este acordat pe o frecvență mult mai mare decît a cuarțului, fapt care asigură o stabilitate bună a frecvenței. Din anodul lui T_1 tensiunea sinusoidală este aplicată pe grila unui amplificator — limitator format din tubul T_2. Impulsurile care rezultă la ieșirea lui T_2 sînt diferențiate de circuitul C_7, R_8. Dioda D_1 blochează impulsurile pozitive. Pe grila lui T_3 ajung astfel numai impulsuri negative. Impulsurile pozitive amplificate din anodul lui T_3 sincronizează generatorul autoblocat format de tubul T_4, din catodul căruia impulsurile de marcare sînt aplicate sistemului de deflexie pe orizontală.

2.8. CIRCUITUL DE MODULARE A INTENSITĂȚII SPOTULUI

În imaginile obișnuite obținute pe ecranul osciloscopului axa timpului este reprezentată pe orizontală. Pe ecran sînt desfășurate astfel două mărimi variabile: pe verticală —tensiunea investigată, iar pe orizontală — timpul. Este posibilă desfășurarea pe ecran a trei mărimi variabile. Aceasta se realizează prin aplicarea celei de-a treia mărimi simultan pe axele X și Y. Ca rezultat se produce

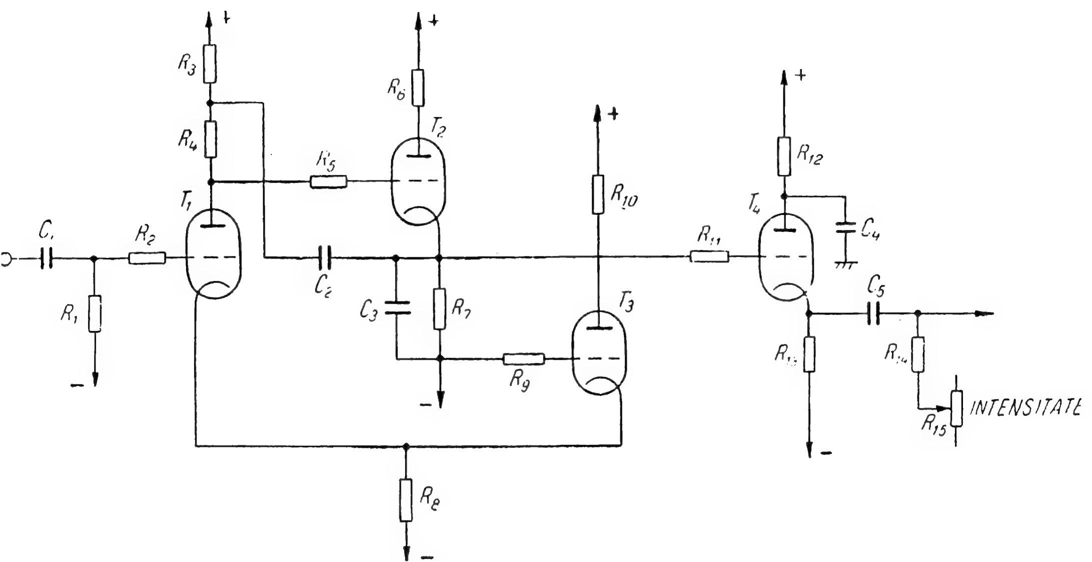


Fig. 2.38. Circuit de blancare (TR 4401, R. P. Ungară).

o mişcare a fasciculului datorită compunerii a două forţe. Rezultanta acţionează în lungul axei Z şi se crează astfel senzaţia de relief.

Un alt mijloc pentru observarea simultană a trei mărimi variabile este modularea intensităţii fasciculului (ca de exemplu în receptoarele de televiziune). În osciloscopul obişnuit, modularea spotului se realizează prin stingerea lui în timpul cursei inverse a bazei de timp sau prin intensificarea strălucirii spotului pentru înregistrări fotografice.

În fig. 2.38 este prezentată schema circuitului de modulare (blancare) din osciloscopul ORION TR 4401 (R.P. Ungară).

Impulsurile pozitive, dreptunghiulare, produse de multivibratorul bazei de timp, sînt aplicate pe grila tubului catodic prin intermediul repetorului catodic format de tubul T_4. Aceste impulsuri coincid ca moment iniţial şi durată cu începutul şi durata cursei directe a bazei de timp. Ele produc creşterea potenţialului grilei tubului catodic. În acest mod, în timpul cursei directe a bazei de timp spotul apare luminat. În cealaltă stare a multivibratorului, care durează tot timpul cursei inverse a bazei de timp, pe grila tubului catodic se aplică un impuls negativ care produce stingerea spotului. Această schemă nu este recomandabilă în cazul impulsurilor cu durată lungă din cauza constantei de timp a circuitului C_5, R_{14}. Efectul acestei constante de timp poate fi eliminat folosind un semnal de înaltă frecvenţă modulat cu impulsurile de stingere şi care se detectează apoi ca în fig. 2.39.

Semnalul de înaltă frecvenţă care formează unda purtătoare este luat de la oscilatorul blocului de alimentare şi este aplicat pe grila repetorului catodic T_3. Diodele de blocare T_2 legate la grila lui T_3 iau tensiunea de blocare din catodul lui T_1 şi de la potenţiometrul R_8. Cînd baza de timp începe cursa directă, pe grila lui T_1 se aplică un impuls pozitiv. Saltul pozitiv de tensiune se regăseşte în catozii tuburilor T_1 şi T_2. Astfel, semiperioadele negative ale purtătoarei de înaltă frecvenţă sînt blocate, iar cele pozitive pot creşte pînă la o tensiune de aproximativ 75 V. La grila lui T_3 apare o tensiune modulată care se regă-

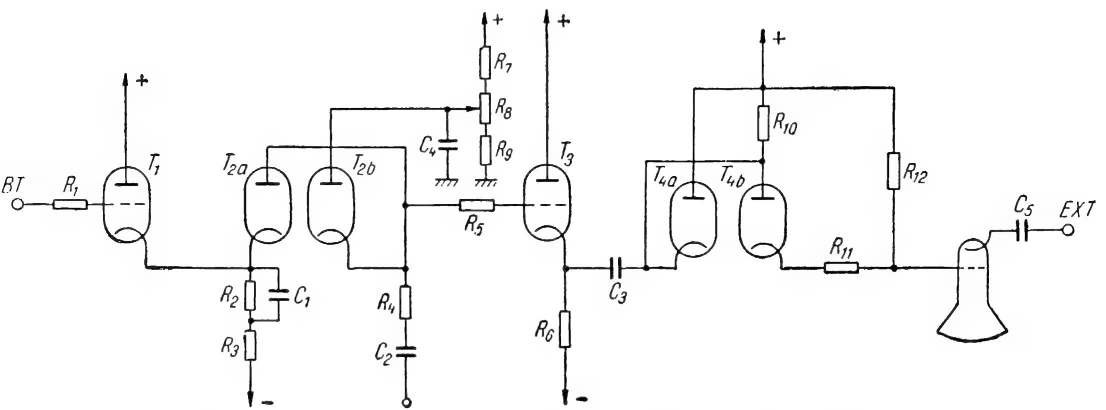


Fig. 2.39. Circuit de blancare (SOLARTRON CD 1220, Anglia).

șește pe sarcina R_6. Dioda T_{4b} servește la detecția semnalului modulat. Impulsurile detectate sînt aplicate prin R_{11} pe grila tubului catodic. Modularea fasciculului se poate face și cu semnal exterior prin condensatorul C_5.

2.9. CIRCUITE DE REGLARE A SPOTULUI

Pentru a permite o mare ușurință în folosire, osciloscopul este prevăzut cu o serie de circuite care dau posibilitatea reglării dimensiunilor spotului, precum și deplasarea acestuia în cele două direcții — verticală și orizontală. Reglajele sînt foarte simple și constau în modificarea tensiunii continue a diferiților electrozi ai tubului catodic.

În fig. 2.40 este prezentată schema reglajelor spotului din osciloscopul CI-1 (U.R.S.S.).

Tensiunea continuă de +300 V este aplicată pe cele două perechi de plăci de deflexie prin grupul R_1—R_{10}. Deplasarea în cele două direcții, verticală și orizontală, a spotului se realizează cu ajutorul potențiometrelor R_3

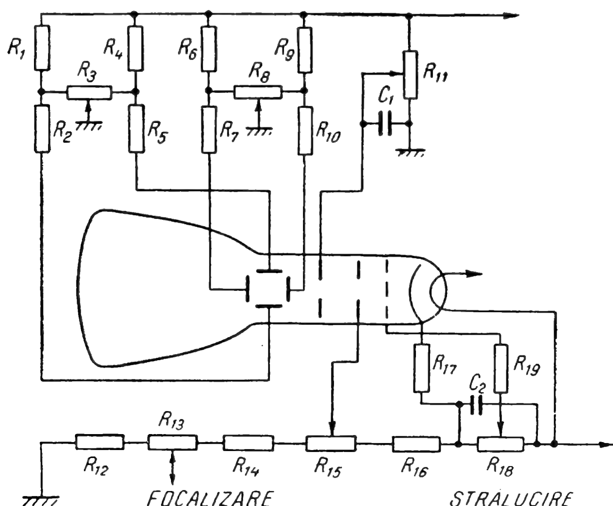


Fig. 2.40. Circuit de reglare a spotului (CI-1, U.R.S.S.).

şi R_8. Focalizarea fasciculului electronic se reglează cu potenţiometrul R_{15}. Potenţiometrul R_{18} poate modifica polarizarea grilei tubului catodic şi astfel reglează intensitatea strălucirii spotului.

În fig. 2.41 este prezentată schema circuitelor de reglare a spotului din osciloscopul ORION TR 4401 (R.P. Ungară).

Circuitele pentru deplasarea spotului în direcţie verticală şi orizontală sînt încorporate în amplificatoarele respective (v. § 2.3). Reglarea intensităţii fasciculului se face cu ajutorul lui R_6. Prin C_3 se aplică pe grila tubului catodic impulsul de stingere a spotului în timpul cursei inverse a bazei de timp. Focalizarea se reglează cu ajutorul potenţiometrului R_2. Corectarea astigmatismului fasciculului se face cu ajutorul potenţiometrului R_9.

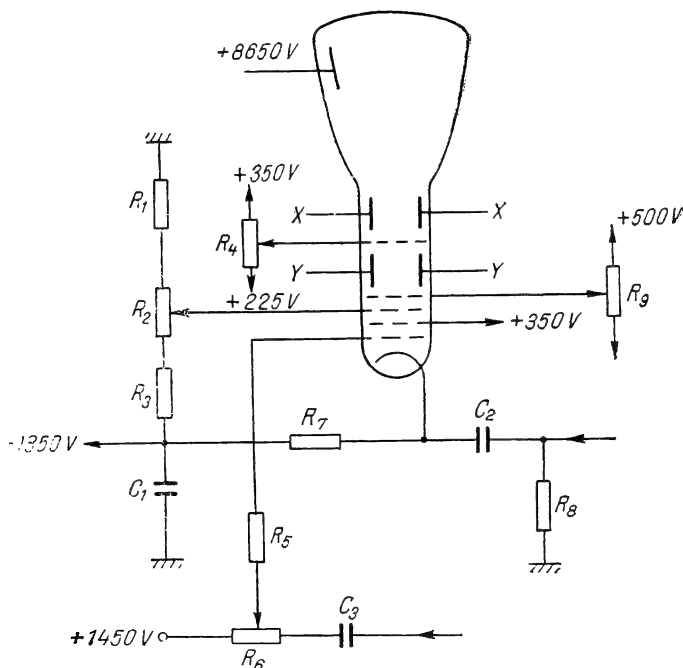


Fig. 2.41. Circuit de reglare a spotului (TR 4401, R. P. Ungară).

3

OSCILOSCOAPE SPECIALE

3.1. COMUTATORUL ELECTRONIC

Osciloscoapele moderne permit observarea simultană a două sau mai multe semnale. În acest scop se construiesc tuburi catodice care în acelaşi balon conţin mai multe tunuri electronice (cel mai des avînd cîte două sisteme de deflexie pentru X şi Y) sau tuburi catodice cu două tunuri electronice, dar cu sistem comun de deflexie după X. De asemenea, există tuburi catodice care permit despicarea fasciculului şi apoi deflexia fiecărei părţi din fascicul.

O metodă mai simplă şi mai elegantă este folosirea unui comutator electronic pentru un tub catodic obişnuit. Cel mai răspîndit este sistemul de comutare succesivă a două canale de amplificare la o singură pereche de plăci de deflexie pe verticală (fig. 3.1, *a*). Pe ecranul tubului catodic vor apărea două imagini distincte, ca în fig. 3.1.

Blocul amplificator-comutator electronic se compune din două amplificatoare identice care pot fi comutate cu frecvenţa de baleiaj a osciloscopului (fig. 3.1, *b*) sau, independent, cu o frecvenţă constantă de aproximativ 100 kHz (fig. 3.1, *c*). Fiecare canal amplificator poate fi folosit şi fără comutator ca amplificator independent. Există şi posibilitatea utilizării celor două amplificatoare pentru însumarea algebrică a semnalelor de la intrare.

În fig. 3.2 este prezentată schema blocului amplificator-comutator electronic din osciloscopul Tektronix 585.

Semnalul investigat se aplică la intrarea repetorului catodic T_1. De pe sarcina repetorului semnalul se aplică etajului inversor de fază format din tuburile T_2 şi T_3.

Potenţiometrul R_{12} serveşte la reglajul fin al amplificării. Comutatorul electronic propriu-zis cuprinde tuburile T_4—T_{10}. Tuburile T_4 şi T_5 formează un multivibrator cu două poziţii stabile. Cînd comutatorul modului de lucru este aşezat în una dintre poziţiile „canalul 1“ sau „canalul 2“ multivibratorul trece în una dintre stările stabile prin aplicarea unei tensiuni pozitive pe o grilă şi a unei tensiuni negative pe cealaltă grilă. În poziţia *„comutator“*, pe ambele grile ale multivibratorului se aplică tensiuni pozitive. Multivibratorul intră în regim de oscilaţie cu o frecvenţă de 100 kHz. Cînd tubul T_5 conduce, tensiunea pe catod este apropiată de cea a masei. Această tensiune provoacă deschiderea tubului T_7. Tensiunea grilei tubului T_9 scade, micşorînd astfel tensiunea pe anozii tuburilor T_2 şi T_3. Scăderea tensiunii anodice determină blocarea etajului care urmează inversorului de fază, deci închiderea canalului 1. În mod asemănător tubul T_4 este blocat, curentul prin tubul T_8 scade şi grila lui T_{10}

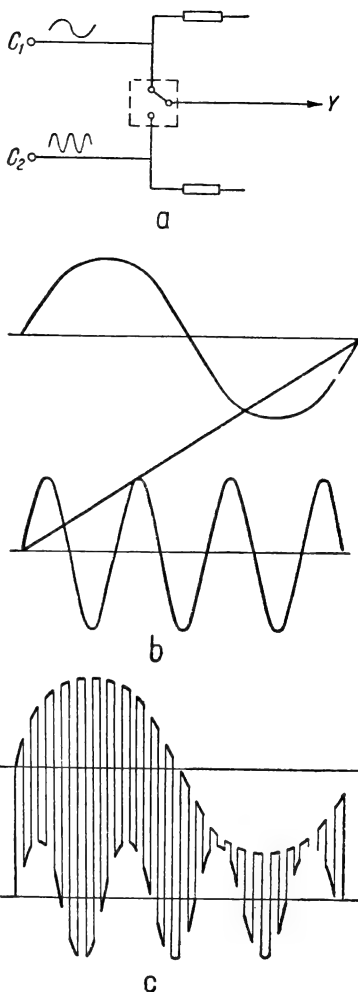


Fig. 3.1. Schemă de comutator electronic şi forme de undă.

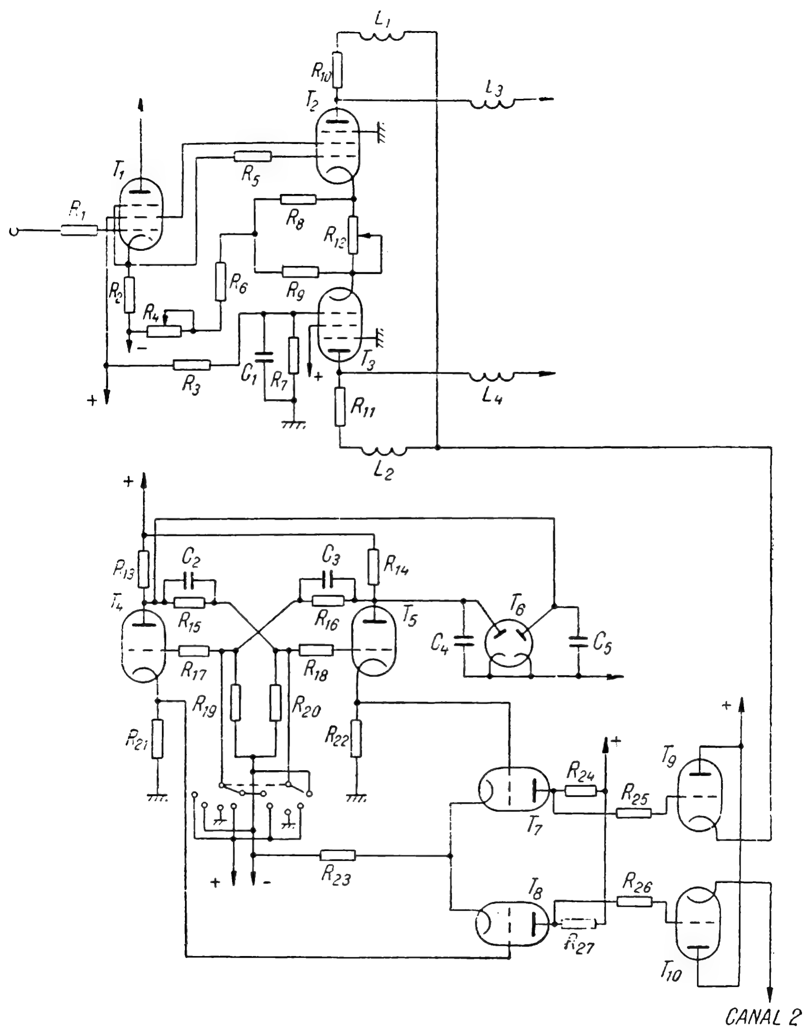


Fig. 3.2. Comutatorul electronic (Tektronix 585, S.U.A.).

devine mai pozitivă. Canalul 2 începe să funcţioneze. Se obţine astfel o comutare succesivă a canalelor 1 şi 2 cu o frecvenţă de 100 kHz. În poziţia „variabil“ a comutatorului modului de lucru, pe ambele grile ale multivibratorului se aplică tensiuni negative. Cele două stări ale multivibratorului sînt stabile. La sfîrşitul fiecărei curse directe a generatorului de baleiaj se generează cîte un impuls negativ care se aplică multivibratorului prin dioda T_6. Multivibratorul trece dintr-o stare stabilă în cealaltă. Se obţine astfel comutarea succesivă a canalelor determinată de baza de timp. În poziţia „suma algebrică“ se aplică pe grilele multivibratorului o tensiune de —150 V. Tuburile T_7 şi T_8 se blochează, iar tensiunile din catozii tuburilor T_9 şi T_{10}. cresc. Ambele canale amplificatoare funcţionează. Semnalele aplicate la intrări vor fi amplificate simultan, permiţînd adunarea semnalelor în fază şi scăderea celor în antifază.

În fig. 3.3 este prezentată schema comutatorului electronic din osciloscopul Hewlett-Packard 140 A.

Comutatorul electronic cuprinde un generator autoblocat, un amplificator al impulsurilor de blancare şi un multivibrator. Prin intermediul unor diode de comutare, comutatorul electronic aplică tensiuni negative sau pozitive la fiecare canal de amplificare, determinînd starea de conducţie sau de blocare a acestora. Cu ajutorul comutatorului K al modului de lucru, circuitul format cu tranzistorul T_1 poate lucra în regim astabil, monostabil sau blocat. Cînd emitorul lui T_1 este adus prin R_{18} la tensiunea de +100 V, circuitul poate oscila liber cu o frecvenţă de 200 kHz. Tensiunea pozitivă care apare în colector este aplicată prin intermediul condensatorului C_4 circuitului multivibrator format cu tranzistoarele T_3 şi T_4 (care oscilează cu o frecvenţă de 100 kHz). Cînd emitorul lui T_1 este pus la masă, circuitul este pus în condiţii de monostabil şi va produce cîte un impuls pentru fiecare impuls negativ care se aplică în baza lui T_1 prin intermediul condensatorului C_1 şi diodei D_1. În această poziţie, multivibratorul comută o dată pentru fiecare cursă a bazei de timp.

Partea pozitivă a fiecărui impuls produs de circuitul autoblocat T_1 nu are efect asupra amplificatorului format

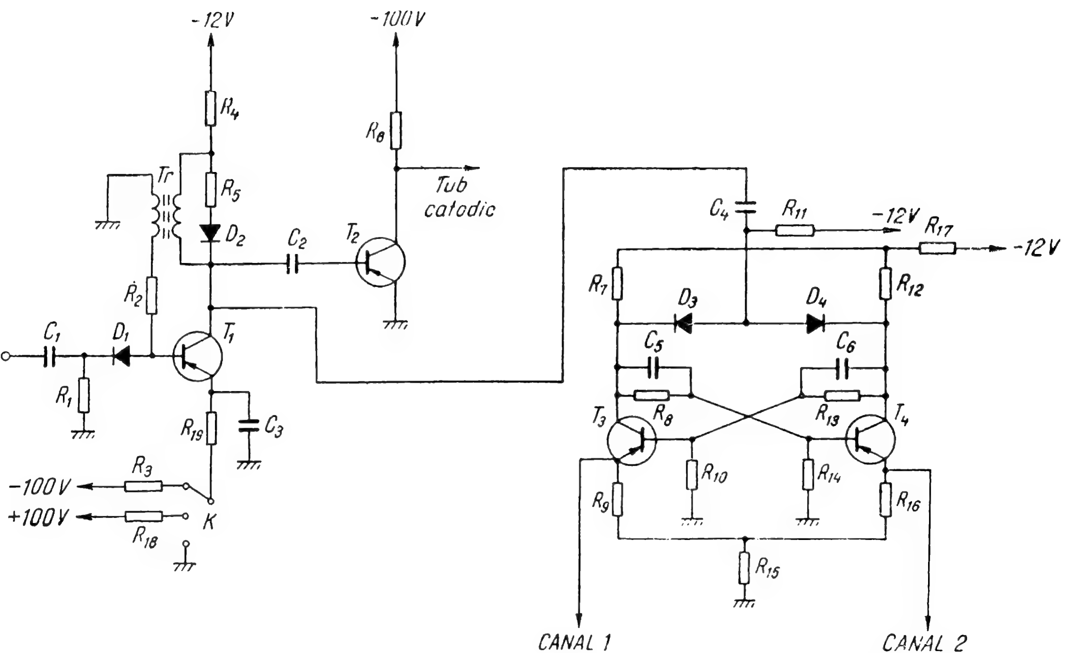


Fig. 3.3. Schema comutatorului electronic din osciloscopul Hewlett-Packard 140 A.

cu tranzistorul T_2. Partea negativă însă produce apariţia în colectorul lui T_2 a unui impuls pozitiv de blancare, care se aplică tubului catodic. Perioada între momentul pornirii generatorului autoblocat şi producerea părţii negative a impulsului acestuia este de 200 ns şi corespunde întîrzierii introduse de amplificatorul final de deflexie pe verticală.

Tranzistoarele T_3 şi T_4 sînt legate într-o schemă de multivibrator bistabil. El poate fi declanşat cu ajutorul unui impuls pozitiv de la generatorul autoblocat şi astfel asigură funcţionarea unui singur canal (1 sau 2) sau poate fi blocat şi asigură funcţionarea simultană a ambelor canale. Dacă tranzistorul T_3 conduce şi T_4 este blocat, curentul tranzistoarelor etajului final al amplificatorului de deflexie pe verticală din canalul 1 se închide la masă prin T_3 şi astfel se deconectează amplificatorul de la plăcile tubului catodic.

3.2. OSCILOSCOPUL CU EŞANTIONARE

Dezvoltarea deosebită pe care a căpătat-o în ultimii ani tehnica impulsurilor a condus la utilizarea unor impulsuri cu durate foarte scurte. În prezent se produc tranzistoare cu frecvenţa de tăiere peste 1 000 MHz, care se folosesc în circuite de comutaţie ultrarapide şi în sisteme de telecomunicaţii (lucrînd, de exemplu, în banda de 470 MHz). În fizica nucleară, în aparatura rapidă de prelucrare a datelor, apar impulsuri cu fronturi de ordinul zecilor de picosecunde. Toate acestea au determinat punerea la punct a unor osciloscoape de bandă largă, atingînd frecvenţe de 1—12 GHz. Construirea unor osciloscoape obişnuite, dar cu o bandă atît de largă de frecvenţe, este foarte costisitoare şi nu poate asigura decît o sensibilitate scăzută (cîţiva V/cm) şi dimensiuni reduse ale imaginii pe ecran (2×10 cm). Toate aceste inconveniente nu mai apar la osciloscopul cu eşantionare (sampling-scope). Principiul de funcţionare al acestui gen de osciloscop diferă de cel al osciloscopului obişnuit. În esenţă, principiul constă în reducerea frecvenţei semnalului investigat înainte de intrarea amplificatorului. Aceasta se realizează prin extragerea din semnal (fig. 3.4, *a*) a unor

fîșii (sample) (fig. 3.4, *c*) cu ajutorul unor impulsuri decalate în timp (fig. 3.4, *b*). După amplificare fîșiile reconstituie semnalul inițial.

Practic, semnalul este tăiat în fîșii care se amplifică fiecare în parte. Reconstituirea semnalului se face prin afișarea succesivă a acestor fîșii.

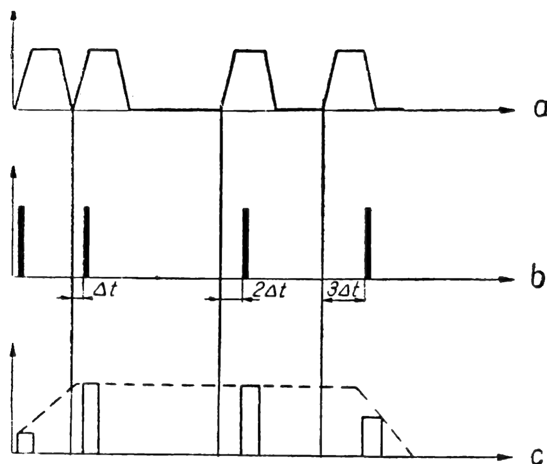


Fig. 3.4. Forme de undă la eșantionarea semnalelor.

În figura 3.5 este prezentată schema-bloc a unui astfel de osciloscop.

Semnalul investigat trebuie neapărat să se repete în timp sau să fie periodic. El este aplicat la intrarea unui circuit de intrare *CI* care permite unei părți din semnal să fie condusă la un circuit de pornire, triggerul *T*. Triggerul *T* poate fi comandat și din exterior, selecția modurilor de comandă fiind făcută cu ajutorul comutatorului *K*. Tensiunea de la ieșirea triggerului *T* declanșează baza de timp ultrarapidă *BT*, a cărei tensiune este aplicată apoi unui circuit de comparare *C*. Se observă că tensiunea în dinți de ferăstrău a bazei de timp nu se aplică direct sistemului de deflexie pe orizontală.

Un bloc specific osciloscopului cu eşantionare este generatorul de tensiune în trepte *GT*. Circuitul de comparare *C* compară tensiunea în dinţi de ferăstrău produsă de baza de timp *BT* cu tensiunea în trepte produsă de generatorul *GT*. În momentul cînd cele două tensiuni devin egale, circuitul *C* produce un impuls care se aplică cir-

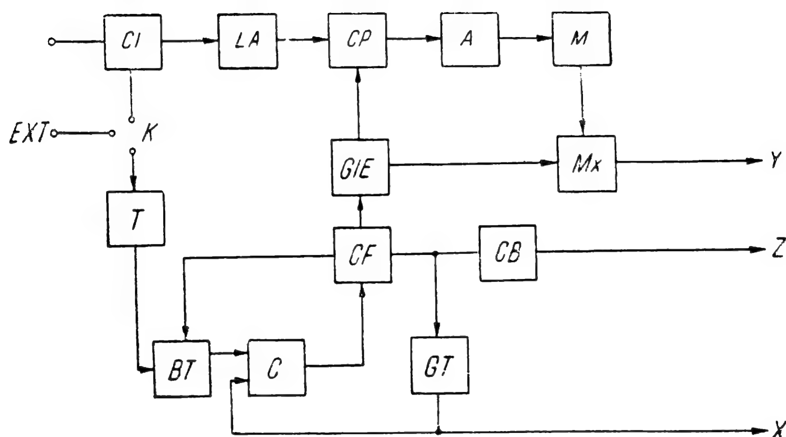


Fig. 3.5. Schema-bloc a osciloscopului de eşantionare.

cuitului de formare *CF*. Acest impuls are un rol esenţial. El se aplică în patru blocuri ale osciloscopului şi îl vom numi impuls principal. Aplicat bazei de timp, impulsul principal comandă revenirea acesteia la starea iniţială — nedeclanşată. Impulsul principal se aplică la intrarea generatorului de tensiune în trepte, producînd trecerea de la o treaptă la o alta cu tensiune mai mare. Dacă se aplică circuitului de blancare, acest impuls determină apariţia unui alt impuls mai lat, care se aplică sistemului de modulaţie a spotului (axa *Z*) şi care produce iluminarea spotului în timpul cursei utile. Impulsul principal se mai aplică blocului *GIE* (generatorul impulsurilor de eşantionare). Acest bloc produce la ieşire o serie de impulsuri care se deplasează în timp faţă de impulsul care comandă baza de timp şi care se aplică unui circuit poartă *CP*, avînd rolul de a extrage din semnalul investigat fîşiile care contribuie la reconstituirea lui ulterioară. Semnalul

investigat ajunge la circuitul poartă după ce traversează o linie de întîrziere necesară pentru a permite declanşarea corespunzătoare a bazei de timp. Fîşiile de semnal de la ieşirea circuitului poartă sînt amplificate în blocul *A*, care este un amplificator obişnuit cu banda de cîteva sute de kiloherţi, şi apoi stocate în memoria *M*, de unde, printr-un mixer *Mx*, se aplică sistemului de deflexie pe verticală. Se menţionează că singurul bloc care lucrează efectiv în domeniul frecvenţelor foarte înalte este generatorul impulsurilor de eşantionare.

În fig. 3.6 este prezentată schema circuitului poartă.

Dioda *D* este blocată cu ajutorul unei tensiuni de polarizare U_{pol}. Impulsurile de eşantionare se suprapun peste semnalul investigat. Dioda conduce numai în intervalul de timp cît durează impulsul de eşantionare încărcînd condensatorul *C* pînă la o tensiune egală cu cea a semnalului investigat. La ieşirea circuitului poartă se obţine astfel o succesiune de impulsuri a căror amplitudine este egală cu amplitudinea semnalului de intrare şi a căror durată este egală cu durata impulsului de eşantionare. Întrucît impulsurile de eşantionare se succed cu o întîrziere constantă unul faţă de celălalt, ele realizează o explorare a semnalului investigat.

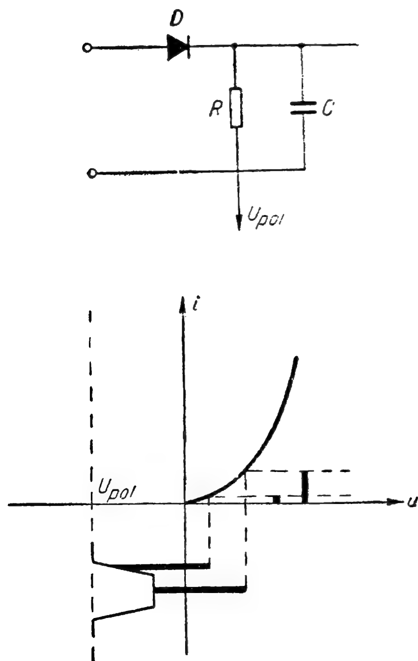


Fig. 3.6. Circuit poartă.

În fig. 3.7 este prezentată schema comparatorului din osciloscopul OSA 601 (R.P. Polonă).

Comparatorul este un generator autoblocat

la intrarea căruia se aplică tensiunea U_1 în dinți de ferăstrău, produsă de baza de timp, și tensiunea U_2 în trepte, produsă de generatorul de tensiune în trepte. În momentul în care valoarea tensiunii U_1 depășește valoarea tensiunii U_2 generatorul autoblocat produce un im-

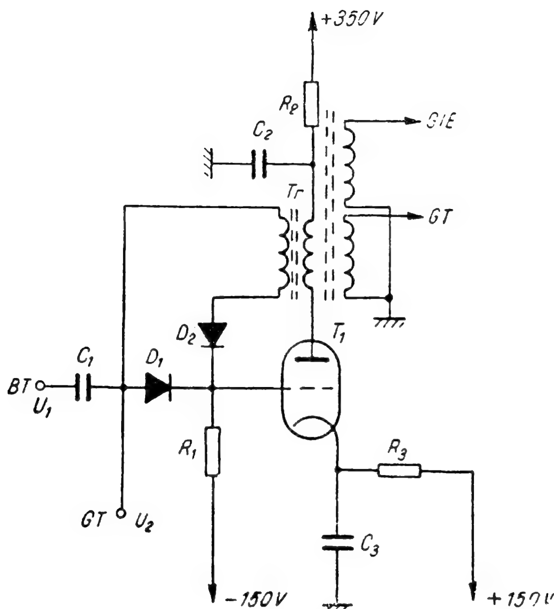


Fig. 3.7. Circuit comparator (OSA 601, R. P. Polonă).

puls foarte scurt. Dacă tensiunea U_2 crește cu o treaptă, momentul declanșării generatorului T_1 se decalează în timp cu t. Impulsurile pozitive din circuitul comparator sînt folosite apoi pentru comanda generatorului impulsurilor de eșantionare *GIE* și a generatorului de trepte *GT*. Se menționează că impulsurile luate din secundarele transformatorului *Tr* sînt trecute în prealabil prin cîte un multivibrator de formare.

Diagrama tensiunilor care apar în punctele principale ale schemei osciloscopului cu eșantionare este prezentată

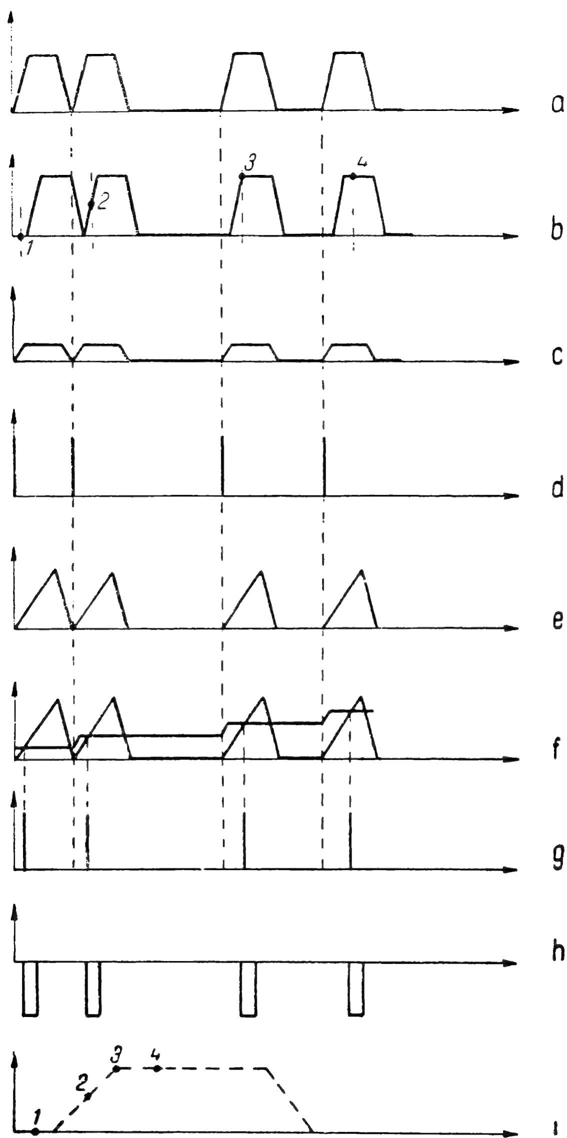


Fig. 3.8. Forme de undă în osciloscopul cu eşantionare.

în fig. 3.8. Semnalul de intrare (fig. 3.8, *a*) este întîrziat cu 30—40 ns (fig. 3.8, *b*) pentru a permite declanşarea bazei de timp. Circuitul de intrare foloseşte o parte din semnal (fig. 3.8, *c*) pentru a produce la ieşirea circuitului trigger *T* impulsurile de declanşare a bazei de timp (fig. 3.8, *d*). Tensiunea în dinţi de ferăstrău produsă de baza de timp (fig. 3.8, *e*) este comparată cu tensiunea în trepte (fig. 3.8, *f*). Impulsurile produse de comparator şi circuitele de formare (fig. 3.8, *g*) declanşează circuitul de blancare (fig. 3.8, *h*). Forma impulsului amplificat şi dilatat care apare pe ecranul osciloscopului este cea din fig. 3.8, *i*.

În rezumat, funcţionarea osciloscopului cu eşantionare este următoarea: pe ecranul osciloscopului spotul stă nemişcat pînă la apariţia primului impuls de la trigger care declanşează baza de timp. În momentul egalării tensiunii bazei de timp cu tensiunea generatorului de trepte, comparatorul generează impulsul care devine impuls de eşantionare. Impulsul de eşantionare deschide circuitul poartă şi permite încărcarea condensatorului la valoarea instantanee a semnalului util. Eşantionul astfel obţinut este amplificat şi dilatat, iar apoi aplicat sistemului de deflexie pe verticală, provocînd deplasarea verticală a spotului şi apariţia primului punct care va reconstrui imaginea iniţială. După revenirea spotului la starea iniţială procesul se reia, dar decalat în timp de către treapta de tensiune

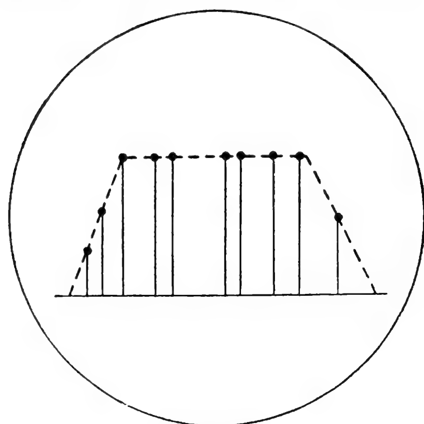


Fig. 3.9. Imaginea pe ecranul osciloscopului cu eşantionare.

a generatorului de tensiune în trepte. Pe ecran, noua deplasare pe verticală se va face pe o linie paralelă cu prima linie și pînă la o înălțime depinzînd de a doua valoare instantanee a semnalului util. Se obține astfel al doilea punct luminos (fig. 3.9).

Numărul punctelor luminoase din care se compune imaginea poate fi modificat, după dorință, între 10 și 1 000 pe centimetru. Folosirea unor tuburi catodice cu ecrane cu persistență mare permite observarea unor fenomene a căror frecvență de repetiție se poate micșora pînă la aproximativ 10 Hz.

4

APLICAȚII

4.1. CALIBRAREA OSCILOSCOPULUI

Măsurarea cantitativă a tensiunilor impune calibrarea osciloscopului. Prin această calibrare se înțelege stabilirea cu precizie a numărului de volți pe care îi va reprezenta o diviziune a ecranului osciloscopului (de obicei 1 cm). Tensiunea de calibrare poate fi luată din exterior de la un generator de tensiune sau din interior, de la blocul de calibrare a amplitudinii (v. § 2.6). Tensiunea de calibrare se măsoară cu un alt instrument de precizie și se aplică apoi la bornele de intrare ale amplificatorului de deflexie pe verticală. Cu ajutorul atenuatorului din circuitul de intrare se stabilesc dimensiunile imaginii astfel încît să se permită o citire cît mai precisă. De menționat că, suprafața în care imaginea este nedeformată este mai mică decît întreaga suprafață a ecranului. La marginile ecranului pot apărea distorsionări ale imaginii. Din acest motiv este indicat să se citească în prospectul osciloscopului dimensiunile suprafeței utile a ecranului. În cazul folosirii tensiunii interne de calibrare, potențiometrul pentru reglajul fin al amplificării trebuie rotit în poziția extremă corespunzătoare indicației CALIBRARE. De la borna *IEȘIRE CAL.* impulsurile de calibrare sînt aplicate la intrarea amplificatorului de deflexie pe verticală cu ajutorul unui cablu exterior.

4.2. MĂSURAREA TENSIUNILOR SINUSOIDALE

Tensiunea investigată se aplică la borna de intrare a amplificatorului de deflexie pe verticală cu ajutorul unui cablu ecranat. Comutatorul tensiuni alternative-tensiuni continue se pune în poziţia tensiuni alternative. Atenuatorul de intrare se comută în poziţia în care imaginea ocupă cel mai bine suprafaţa utilă a ecranului. Comutatorul bazei de timp se aşază într-o poziţie care permite observarea a cîtorva cicluri ale sinusoidei, după preferinţă. În poziţia *CALIBRAT* a potenţiometrului reglajului fin al amplificării pe orizontală se poate aprecia frecvenţa semnalului cercetat. În funcţie de frecvenţa tensiunii investigate se alege cel mai convenabil mod de sincronizare (v. § 2.4).

4.3. MĂSURAREA IMPULSURILOR DE TENSIUNE

Studiul proceselor sub formă de impulsuri formează cel mai larg domeniu de utilizare a osciloscopului. Se consideră cele două impulsuri din fig. 4.1. Un voltmetru electronic va indica în ambele cazuri aceeaşi tensiune medie.

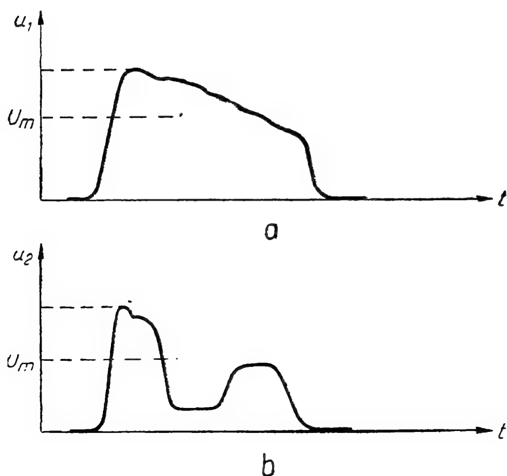


Fig. 4.1. Forme de impulsuri.

Osciloscopul însă pune în evidenţă deosebirile esenţiale care există între cele două cazuri. Se pot observa amplitudinile frontului anterior şi ale frontului posterior pentru monoimpulsul din fig. 4.1, *a* şi pentru cele două impulsuri din fig. 4.1, *b*. Deşi eroarea este mai mare în

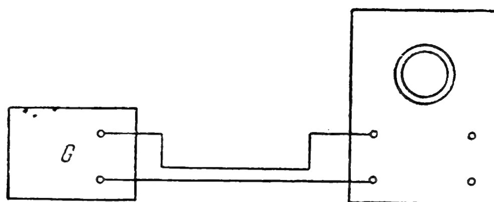


Fig. 4.2. Schemă pentru măsurarea impulsurilor de tensiune.

cazul măsurării cu osciloscopul, informaţiile căpătate despre forma impulsurilor au uneori importanţă determinantă. Schema de măsurare este arătată în fig. 4.2.

Pentru impulsurile cu durate mai mari de aproximativ 100 μs şi care se repetă periodic, baza de timp poate fi folosită în regim de funcţionare continuă. Pentru aceasta comutatorul modului de lucru se pune de exemplu în poziţia *AUTO*. Impulsurile care apar o singură dată pot fi observate pe osciloscoape care posedă bază de timp cu o singură cursă (ex. OK 17 M, U.R.S.S.) şi, de obicei, imaginile trebuie fotografiate. În cazul impulsurilor mai scurte şi în special al fronturilor anterioare abrupte, baza de timp este sincronizată cu semnalul investigat. Pentru a da posibilitatea declanşării bazei de timp, înainte de a ajunge pe plăcile de deflexie pe verticală, impulsurile

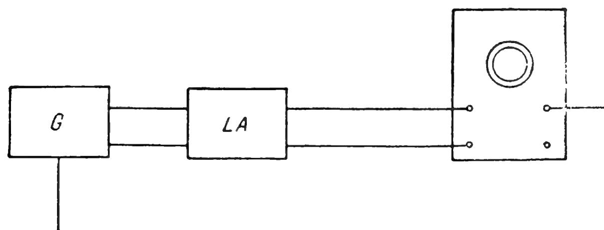


Fig. 4.3. Schemă pentru măsurarea impulsurilor de tensiune.

sînt întîrziate cu ajutorul unei linii de întîrziere interne sau ca în fig. 4.3, cu ajutorul unei linii de întîrziere externe. Ca și în cazul măsurării tensiunilor sinusoidale se face o calibrare prealabilă a osciloscopului.

4.4. MĂSURAREA DURATEI IMPULSURILOR

Pentru măsurarea duratei impulsurilor de folosește blocul de calibrare a duratei (v. § 2.7). Dacă însă osciloscopul are două canale, pe unul dintre ele se poate aplica o tensiune cu frecvența cunoscută, iar pe celălalt impulsul investigat. Din compararea celor două imagini se poate determina lungimea în timp a impulsului (fig. 4.4).

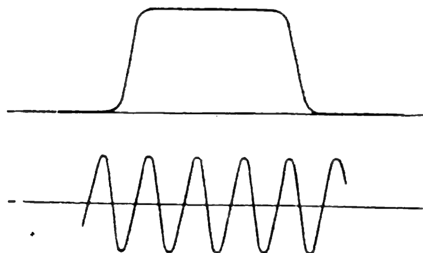


Fig. 4.4. Schemă pentru măsurarea duratei impulsurilor.

Blocul de calibrare a duratei produce o modulare a impulsului investigat. Imaginea lui apare astfel formată din linii întrerupte, ca în fig. 4.5.

Numărul de fragmente determină durata impulsului. În poziția *CAL* a potențiometrului reglajului amplificării pe orizontală baza de timp este calibrată. Cunoscîndu-se numărul de submultipli ai secundei pe centimetru (ex. µs/cm) se poate determina durata impulsului după nu-

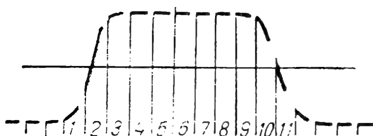


Fig. 4.5. Imaginea impulsului modulat.

mărul de diviziuni ale ecranului pe direcţia orizontală (fig. 4.6).

Prin această metodă se poate determina şi frecvenţa de repetiţie a impulsurilor. Se alege o poziţie convenabilă

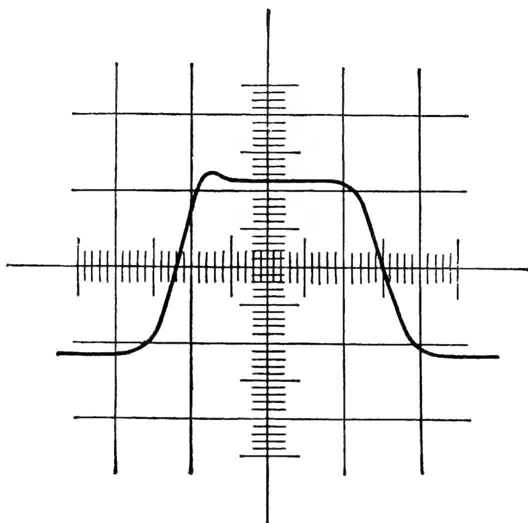


Fig. 4.6. Impuls de tensiune.

a comutatorului timp/cm, astfel ca pe ecran să apară cel puţin două impulsuri (fig. 4.7).

Măsurînd distanţa dintre impulsuri se determină frecvenţa de repetiţie.

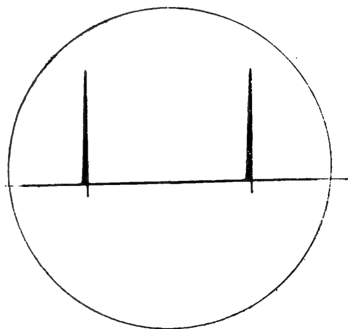


Fig. 4.7. Forme de undă la măsurarea frecvenţei de repetiţie.

4.5. MĂSURAREA PUTERII ELECTRICE

O metodă simplă pentru măsurarea puterii electrice se bazează pe aplicarea simultană a tensiunii la intrarea amplificatorului de deflexie pe orizontală și a curentului la intrarea amplificatorului de deflexie pe verticală, așa

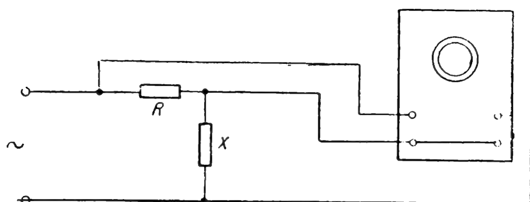


Fig. 4.8. Schemă pentru măsurarea puterii electrice.

cum se arată în fig. 4.8. Se observă că tensiunea de la bornele consumatorului de putere se aplică direct sistemului de deflexie pe orizontală, iar curentul este trecut printr-o rezistență cunoscută, calibrată și neinductivă. Tensiunea la bornele acestei rezistențe este proporțională cu curentul consumat și se aplică sistemului de deflexie pe verticală. Dacă cele două tensiuni sînt sinusoidale se obține o linie înclinată ca în fig. 4.9. Aria celor două triunghiuri $ABC+CDE$ este proporțională cu puterea consumată. Osciloscopul trebuie să dispună de un sistem de

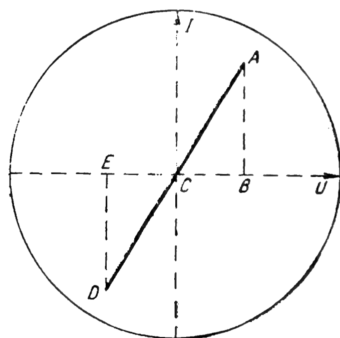


Fig. 4.9. Imagine în cazul măsurării puterii electrice.

calibrare a amplitudinii şi de o reţea gradată de linii pe suprafaţa ecranului. Cunoscînd numărul de volţi pe centimetru corespunzător celor două direcţii, se poate determina cu uşurinţă valoarea puterii consumate. Dacă tensiunea şi curentul nu sînt în fază, pe ecran apare o elipsă, iar puterea se calculează făcînd produsul celor două deviaţii maxime în direcţia orizontală şi verticală.

4.6. MĂSURAREA DEFAZAJELOR

Cînd între cele două tensiuni de măsurat apar defazaje, folosind montajul din fig. 3.8, se obţine pe ecran o elipsă. Punctul de pe ecran în care elipsa intersectează axa orizontală determină valoarea defazajului cu ajutorul relaţiei sin $\varphi = AB/AC$ (fig. 4.10).

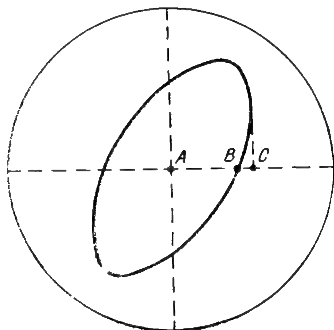


Fig. 4.10. Imagine în cazul măsurării puterii electrice (tensiuni defazate).

Pentru anumite valori ale unghiului de defazaj se obţin imagini caracteristice (fig. 4.11). Este important sensul de parcurgere de către spot a imaginilor respective (două imagini identice însă parcurse în sensuri contrare conduc la unghiuri de defazaj diferite).

4.7. MĂSURAREA FRECVENŢEI

Una dintre cele mai cunoscute metode de măsurare a frecvenţelor este aceea a figurilor Lissajoux. Schema de măsurare este arătată în fig. 4.12.

Cînd între frecvenţa necunoscută f_v şi frecvenţa de referinţă f_h există un raport apropiat de unitate, pe ecran se obţin imagini ca în fig. 4.13. Se observă că numărul de bucle determină raportul căutat. Dacă raportul celor

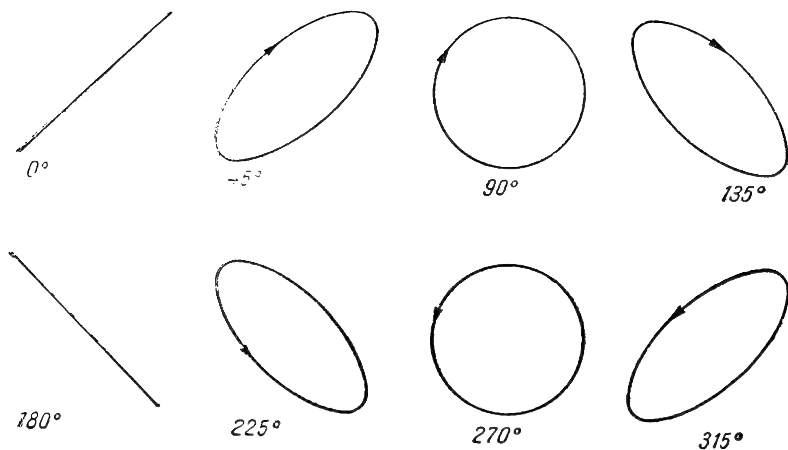


Fig. 4.11. Imagine în cazul unghiurilor diferite de defazaj.

două frecvenţe nu este un număr raţional spotul descrie o mişcare aperiodică.

Practic, frecvenţa de referinţă se ia de la un generator de tensiune cu frecvenţa variabilă şi cunoscută. Se variază frecvenţa de referinţă pînă cînd pe ecran se obţine una dintre imaginile din fig. 4.13. Cînd raportul

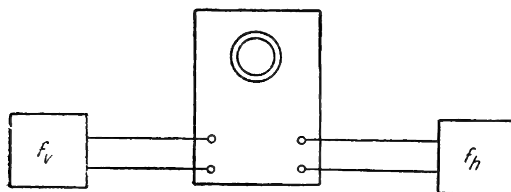


Fig. 4.12. Măsurarea frecvenţei cu ajutorul figurilor Lissajoux.

celor două frecvențe este mult diferit de unitate se folosește metoda ilustrată în fig. 4.14. Între generatorul de tensiune cu frecvența cunoscută și intrarea amplificatorului de deflexie pe verticală s-a intercalat un circuit *RC*. Acest circuit introduce un defazaj care poate fi reglat la

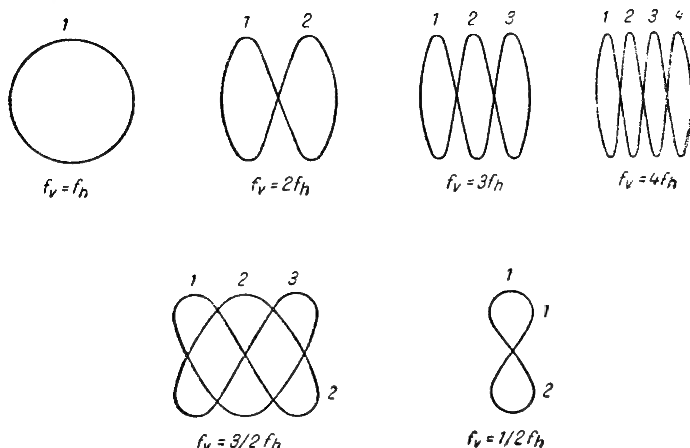


Fig. 4.13. Figuri Lissajoux.

valoarea de 90° și care produce apariția unui cerc pe ecran. Tensiunea cu frecvență necunoscută se aplică la intrarea amplificatorului de deflexie pe orizontală și produce modularea cercului. Se obține o imagine ca în

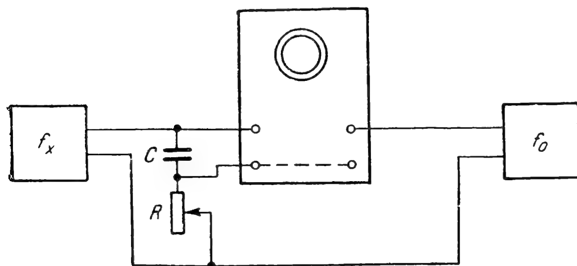


Fig. 4.14. Schemă pentru măsurarea frecvenței.

fig. 4.15, unde numărul de ondulații indică raportul celor două frecvențe.

În fig. 4.16 este prezentată o schemă de măsurare a frecvenței care folosește o bază circulară și modularea spotului.

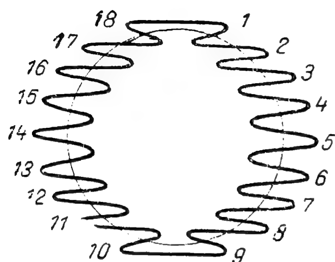


Fig. 4.15. Imagine în cazul măsurării frecvenței.

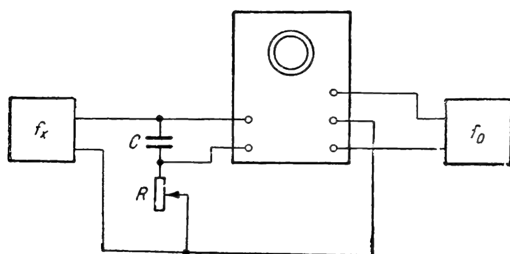


Fig. 4.16. Schemă pentru măsurarea frecvenței.

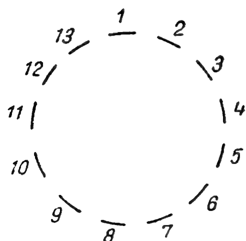


Fig. 4.17. Imagine în cazul măsurării frecvenței.

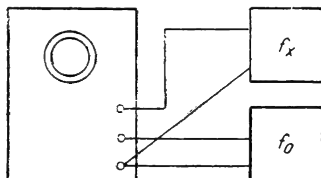


Fig. 4.18. Schemă pentru măsurarea frecvenței.

Semnalul cu frecvenţa cunoscută determină cu ajutorul circuitului defazor apariţia pe ecran a unui cerc. Tensiunea cu frecvenţa necunoscută aplicată sistemului de modulare a spotului (v. § 2.8) determină apariţia pe ecran a unei imagini ca în fig. 4.17.

Numărul de porţiuni luminoase indică raportul frecvenţelor. O variantă a acestei metode este prezentată în fig. 4.18.

4.8. OSCILOSCOPUL CA INDICATOR DE NUL

Punţile pentru măsurarea rezistenţelor, inductanţelor şi condensatoarelor lucrează de obicei în curent alternativ. Acordarea punţilor este determinată de valoarea minimă a acestui curent. Curentul de echilibru se numeşte curent de zero, iar aparatul pentru determinarea lui se numeşte indicator de nul. Osciloscopul permite observarea mai clară a momentului în care se realizează echilibrul punţii. Pentru folosirea osciloscopului ca indicator de nul se leagă intrarea acestuia la bornele punţii. Frecvenţa generatorului de baleiaj se stabileşte la o valoare reprezentînd 1/5—1/10 din valoarea frecvenţei punţii. Se poate lucra şi fără baleiaj dacă se consideră suficientă observarea deviaţiei pe verticală a osciloscopului. Se conectează apoi la punte elementul de măsurat şi se aplică tensiunea de alimentare. Atenuatorul de intrare şi potenţiometrul de reglaj fin al amplificării se pun în poziţii corespunzătoare, care să permită obţinerea pe ecran a unei imagini ocupînd cît mai bine suprafaţa acestuia. Operaţia de reglare a punţii în vederea obţinerii echilibrului se face simultan cu creşterea sensibilităţii osciloscopului (prin trecerea atenuatorului de intrare pe poziţii de sensibilitate din ce în ce mai mare). Echilibrul este atins în momentul în care imaginea pe ecran este minimă.

Dacă la intrarea amplificatorului de deflexie pe orizontală se aplică tensiunea care alimentează puntea, iar la intrarea amplificatorului de deflexie pe verticală se aplică tensiunea de dezechilibru a punții, atunci pe ecran va apărea o elipsă (fig. 4.19, *a*). Dacă tensiunea de dezechi-

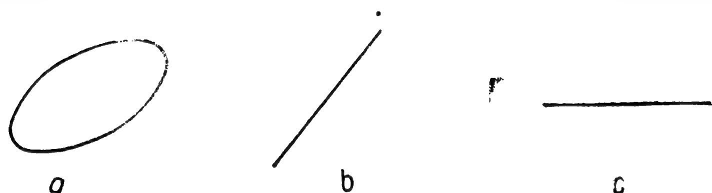


Fig. 4.19. Imagine în cazul măsurărilor cu puntea.

libru este în fază cu tensiunea de alimentare se obține imaginea din fig. 4.19, *b*. La atingerea curentului de zero pe ecran se obține imaginea din fig. 4.19, *c*.

4.9. VERIFICAREA AMPLIFICATOARELOR DE JOASĂ FRECVENȚĂ

În fig. 4.20 este prezentată schema amplificatorului de joasă frecvență din aparatul de radio ROSSINI 5801 (R.D.G.).

Verificarea schemei se poate face cu ajutorul unui generator de audiofrecvență și a unui osciloscop. Se realizează un montaj ca în fig. 4.21. Tensiunea generatorului se aplică la intrarea amplificatorului. Valoarea acestei tensiuni nu trebuie să depășească aproximativ 1 V în poziția *PICK-UP* și aproximatix 0,1 V în poziția *MICROFON*. Comutatorul *K* permite observarea succesivă a tensiunii aplicate la intrare și a tensiunii de ieșire. Potențiometrul *P* servește la micșorarea tensiunii de ieșire pînă la valoarea tensiunii de intrare. În acest mod, pe ecran cele două imagini au dimensiuni comparabile. În locul lui *K* poate fi folosit un comutator electronic separat. Folosirea unui osciloscop cu două canale permite de asemenea observarea simultană a semnalului de intrare și a celui de ieșire. Din comparația celor două semnale se pot face aprecieri asu-

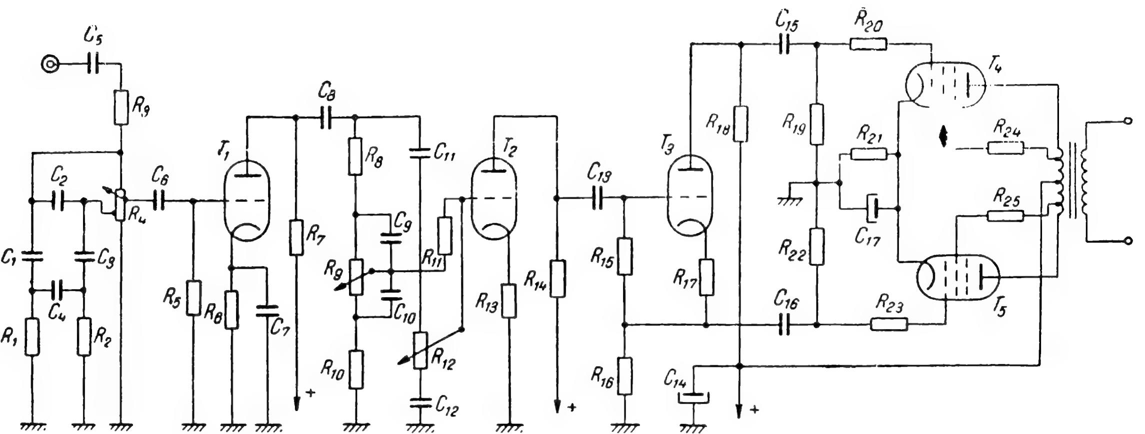


Fig. 4.20. Amplificator de joasă frecvență (Rossini 5801, R.D.G.).

pra amplificatorului. În general, ochiul nu poate distinge abateri de la forma inițială de ordinul a 7—10%.

Dacă semnalul folosit la intrare este sinusoidal (fig. 4.22, *a*) la ieșire pot apărea forme de undă ca în fig. 4.22, *b*, *c*, *d*. Deformarea semiperioadelor negative

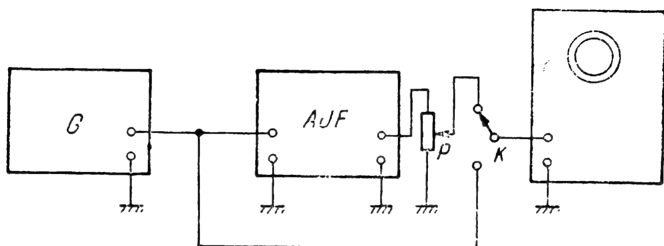


Fig. 4.21. Schemă pentru verificarea etajelor de joasă frecvență.

(fig. 4.22, *b*) poate apărea datorită unei negativări prea puternice a primelor tuburi sau din cauza unor tensiuni anodice și de ecran prea mici. Limitarea semnalului în ambele părți (fig. 4.22, c) poate fi provocată de supraîncărcarea primului tub. Distorsiunile (fig. 4.22, *d*) pot apărea în etajul final în contratimp din cauza unei negativări

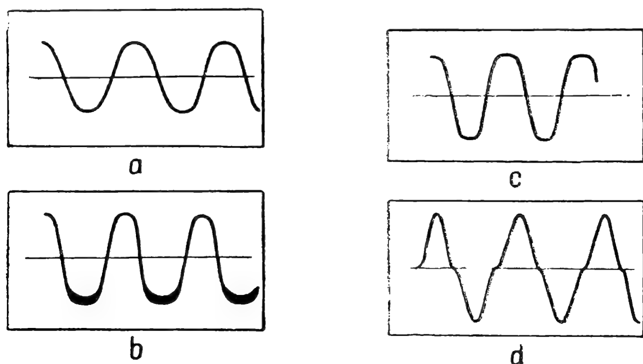


Fig. 4.22. Forme de undă în cazul aplicării de semnale sinusoidale în scheme de joasă frecvență.

necorespunzătoare. Pentru studierea comportării amplificatorului în toată banda de frecvențe este nevoie ca frecvența generatorului de semnal să fie variată în mod continuu.

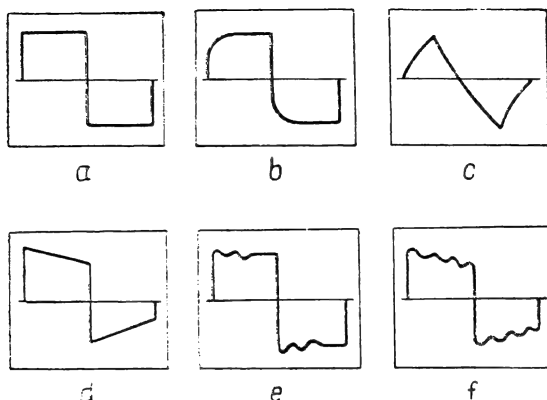


Fig. 4.23. Forme de undă în cazul aplicării de semnale dreptunghiulare în scheme de joasă frecvență.

Dacă la intrare se aplică o tensiune sub formă de impulsuri dreptunghiulare (fig. 4.23, *a*) la ieșire pot apărea forme de undă ca în fig. 4.23, *b, c, d, e, f*.

Folosirea impulsurilor dreptunghiulare are avantajul că întreaga bandă de frecvențe a amplificatorului poate fi explorată doar cu două tensiuni dreptunghiulare cu frecvențe fixe diferite (ex. 50 Hz și 2 kHz). Metoda este mai rapidă, dar nu dă decît informații de natură calitativă. Deformarea semnalului ca în fig. 4.23, *b, c* arată o scădere a amplificării în domeniul frecvențelor înalte și o creștere a defazajelor (fig. 4.23, *d*) indică o scădere a amplificării în domeniul frecvențelor joase. Formele de undă din fig. 4.23, *e, f* indică prezența unor circuite care oscilează. De menționat că toate aceste măsurări se fac cu potențiometrele R_9 și R_{12}, care controlează tonul în pozițiile corespunzătoare domeniului cel mai larg de frecvențe.

Un alt mijloc pentru observarea distorsiunilor este folosirea montajului din fig. 4.24. Pe ecran pot apărea ca în fig. 4.25. Imaginea din fig. 4.25, *a* indică absența distorsiunilor, imaginea din fig. 4.25, *b* — o suprasarcină,

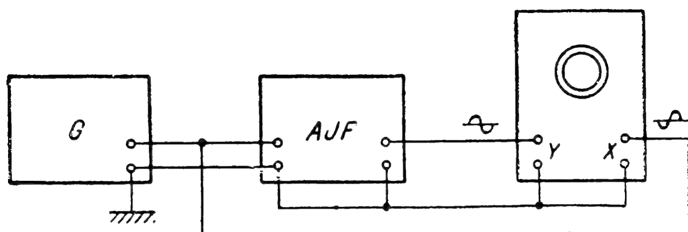


Fig. 4.24. Montaj pentru măsurarea distorsiunilor.

iar cea din fig. 4.25, *c* prezența unor defazaje și a unei neliniarități în amplitudine.

Măsurarea zgomotului propriu al amplificatorului se poate face cu un montaj ca în fig. 4.26.

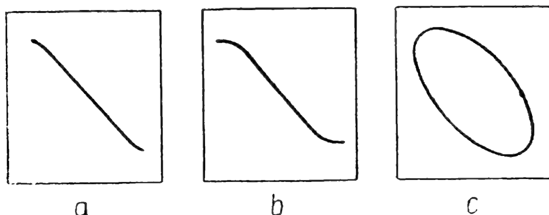


Fig. 4.25. Imagini indicînd distorsiuni ale semnalului.

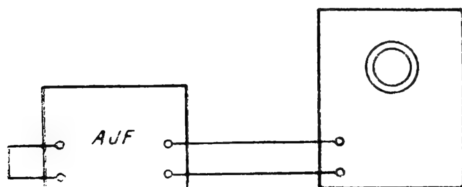


Fig. 4.26. Montaj pentru măsurarea zgomotului propriu al amplificatoarelor.

4.10. ALINIEREA RADIORECEPTOARELOR. SELECTOGRAFUL

Pentru obținerea unei caracteristici de frecvență prescrise, toate receptoarele au circuite acordate reglabile. Procesul de ajustare a circuitelor acordate se numește aliniere. În cazul receptoarelor cu modulație de amplitu-

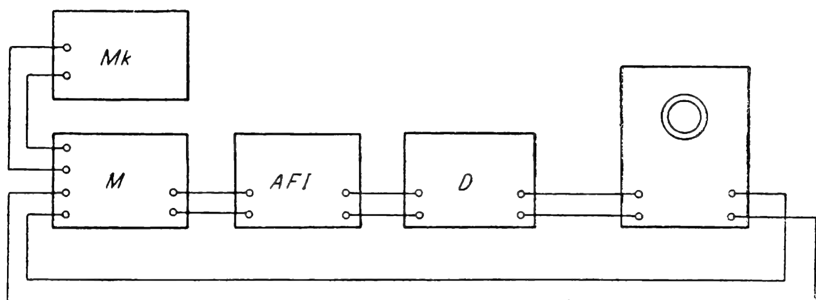


Fig. 4.27. Montaj pentru alinierea amplificatoarelor de frecvență intermediară.

dine alinierea se începe cu acordarea filtrului ultimului etaj amplificator de frecvență intermediară.

În fig. 4.27 este prezentată schema unui montaj pentru acordarea etajelor de frecvență intermediară. Modulatorul de frecvență *M* este un generator de tensiune cu amplitudine constantă, dar a cărui frecvență variază în jurul unei frecvențe centrale după o lege cunoscută. Atît frecvența centrală, cît și deviația de frecvență, pot fi reglate. Frecvența centrală se fixează la valoarea cunoscută a frecvenței intermediare a receptorului. Se reglează o deviație de frecvență de aproximativ 30 kHz, care să acopere toată curba de rezonanță. Tensiunea modulatorului de frecvență se aplică pe grila ultimului etaj amplificator de frecvență intermediară. Intrarea amplificatorului de deflexie pe verticală se leagă la ieșirea detectorului *D*. Pe ecranul osciloscopului se obține curba de răspuns a etajului, ca în fig. 4.28.

Circuitul de marcare *Mk* are rolul de a preciza pe curba de răspuns locul frecvenţei centrale. Pentru acordarea celorlalte circuite este nevoie de o sondă detectoare (fig. 4.29).

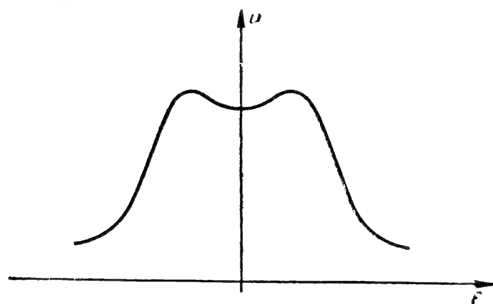


Fig. 4.28. Curbă de răspuns amplitudine-frecvenţă.

În cazul receptoarelor cu modulaţie de frecvenţă detecţia se face cu ajutorul unui discriminator. Caracteristica de frecvenţă a discriminatorului este prezentată în fig. 4.30.

Montajul pentru alinierea discriminatorului este prezentat în fig. 4.31.

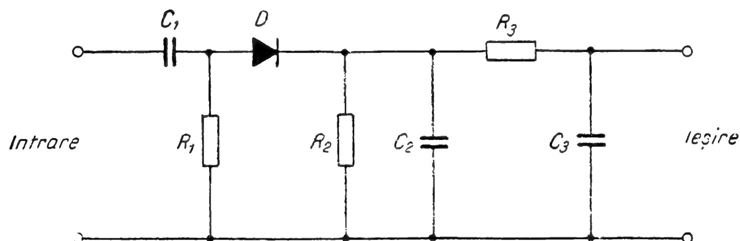


Fig. 4.29. Schemă de sondă detectoare.

Circuitele discriminatorului se acordează pe frecvenţa intermediară, care, de obicei, are valoarea de 10,7 MHz. Tensiunea modulatorului de frecvenţă se aplică tubului limitator, iar deviaţia de frecvenţă se reglează în jurul a 200 kHz. Celelalte etaje se aliniază de la receptorul cu modulaţie în amplitudine.

Un aparat special destinat observării caracteristicilor de frecvență ale cuadripolilor și, în particular, pentru alinierea receptoarelor este selectrograful. El cuprinde un modulator de frecvență, un detector și un osciloscop (fig. 4.32).

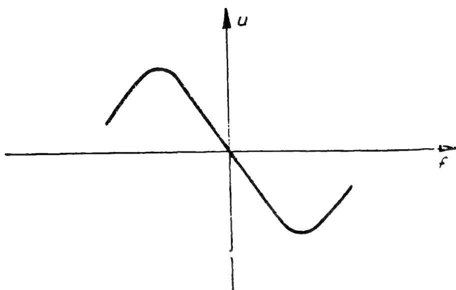


Fig. 4.30. Caracteristica discriminatorului.

Tensiunea în dinți de ferăstrău creată de baza de timp *BT* a osciloscopului este utilizată și pentru modularea în frecvență a oscilatorului de înaltă frecvență *O*. Tensiunea astfel modulată este aplicată circuitului investigat *Rec*, de la ieșirea căruia semnalul obținut se aplică unui de-

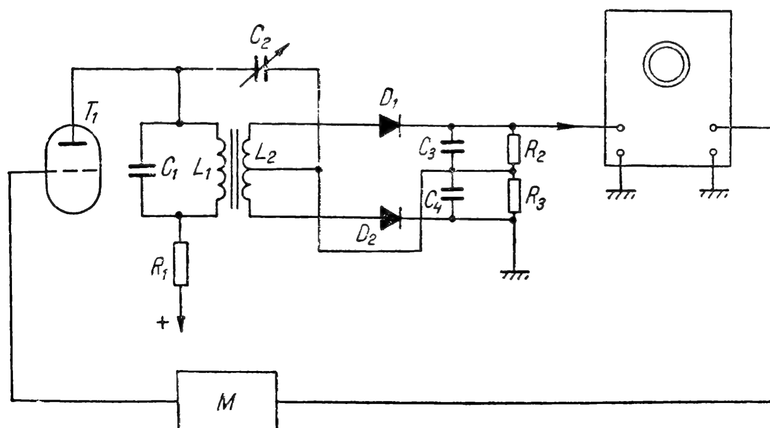


Fig. 4.31. Schemă pentru alinierea discriminatorului.

tector *D* și apoi unui amplificator *A*. Cu ajutorul unui comutator se poate obține modificarea frecvenței centrale. Benzile de frecvență rezultate sînt cuprinse, de exemplu, între 100 kHz și 100 MHz.

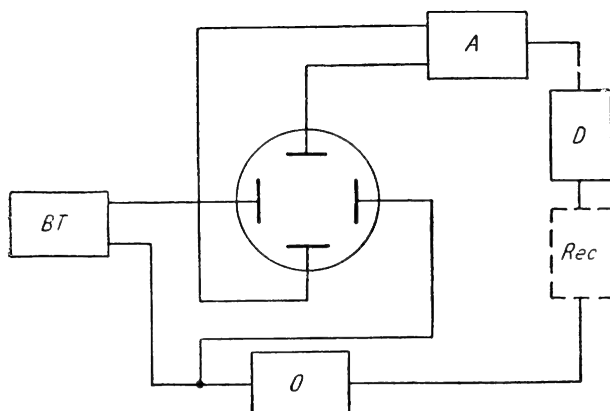


Fig. 4.32. Schema-bloc a selectografului.

4.11. VERIFICAREA TELEVIZOARELOR

Marea varietate de televizoare existente nu dă posibilitatea indicării precise a formelor de undă caracteristice diferitelor blocuri. Aproape fiecare descriere a schemei electrice conține însă un tabel cu formele de undă caracteristice în cele mai importante puncte ale televizorului. În general, majoritatea acestor forme de undă au aspectul unor impulsuri nesinusoidale, a căror frecvență de repetiție este cuprinsă între 50 Hz și aproximativ 20 kHz. Din acest motiv este indicată folosirea unui osciloscop cu banda mai largă de 1 MHz și cu o sensibilitate de ordinul a 100 mV/cm. Conectarea osciloscopului cu circuitele testate se face cu ajutorul unui cablu coaxial sau ecranat.

Verificarea amplificatorului de videofrecvență se poate face cu un generator de impulsuri dreptunghiulare sau folosind semnalele postului de televiziune. Impulsurile

generatorului cu o amplitudine de 1—2 V şi cu o frecvenţă de repetiţie de 50 Hz se aplică pe grila primului tub al amplificatorului de videofrecvenţă, ca în fig. 4.33.

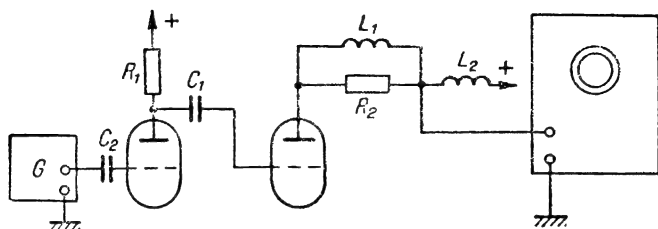


Fig. 4.33. Schemă pentru verificarea amplificatorului de video-frecvenţă.

Amplificatorul de videofrecvenţă poate produce deformarea tensiunii iniţiale (fig. 4.34, *a*). O tensiune de forma celei din fig. 4.34, *b* obţinută la ieşire indică prezenţa unor defazaje şi scăderea amplificării în domeniul frecvenţelor joase. Supracompensarea frecvenţelor joase are ca efect distorsiunea de forma celei din fig. 4.34, *c*. O deformare nesimetrică (fig. 4.34, *d*) sugerează prezenţa unor distorsiuni de neliniaritate ale amplitudinii. Acestea pot fi produse de o plasare necorespunzătoare a punctului de

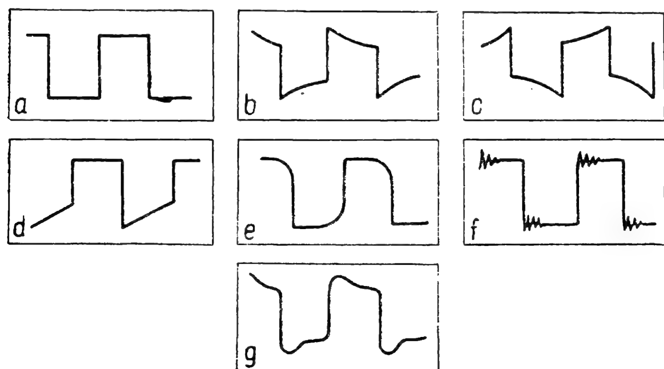


Fig. 4.34. Forme de undă la amplificatorul de videofrecvenţă.

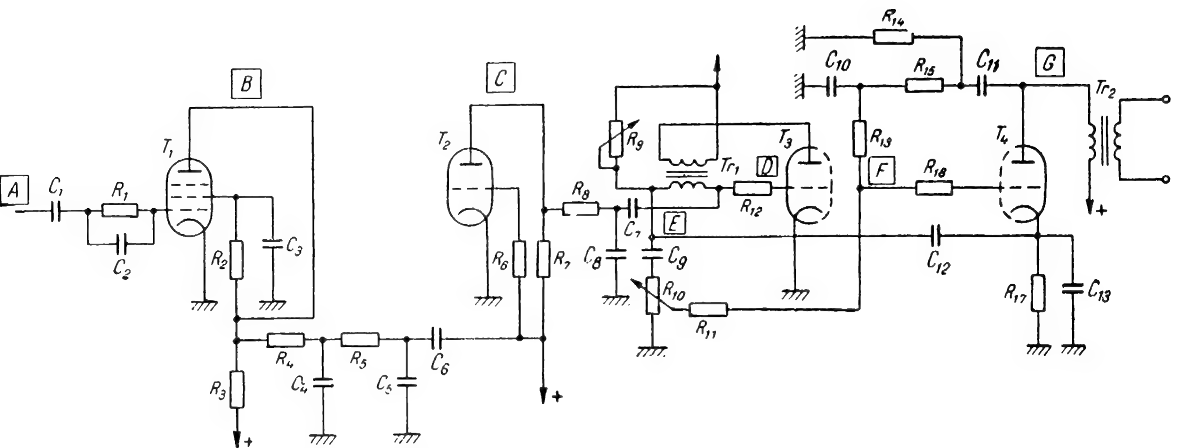


Fig. 4.35. Schema generatorului de baleiaj pe verticală (televizorul Azur VS 43-621, R.S.R.).

funcţionare a tubului sau de micşorarea tensiunii anodice sau de ecran.

Pentru verificarea funcţionării în domeniul frecvenţelor înalte se foloseşte un semnal cu frecvenţa de repetiţie de 25 kHz, de la acelaşi generator. Distorsiunea din fig. 4.24, *e* se datoreşte atenuării frecvenţelor înalte. Supracompensarea frecvenţelor înalte are ca efect apariţia tensiunii de forma celei din fig. 4.24, *f*, care produce pe ecranul televizorului linii verticale subţiri. Deformările de forma celor din fig. 4.24, *g* sînt specifice căderii caracteristicii amplificatorului în domeniul frecvenţelor mijlocii şi are ca efect apariţia unor umbre albe la trecerile de la alb la negru ale imaginii.

Verificarea generatoarelor de baleiaj impune folosirea unor divizoare rezistive din cauza tensiunilor mari care apar. Se verifică forma tensiunilor pe grilele generatorului autoblocat sau ale multivibratorului (în funcţie de schemă), pe grilele de comandă ale tuburilor de ieşire şi, în sfîrşit, pe bobinele de deflexie. În fig. 4.35 este prezentată, spre exemplificare, schema generatorului de baleiaj pe verticală împreună cu separatorul de impulsuri de sincronizare din televizorul Azur VS 43-621.

De la ieşirea amplificatorului de videofrecvenţă semnalul (*A* în fig. 4.36) se aplică în punctul *A*, la intrarea separatorului de sincroimpulsuri. Tubul T_1 asigură extragerea sincroimpulsurilor din semnalul video, astfel că în

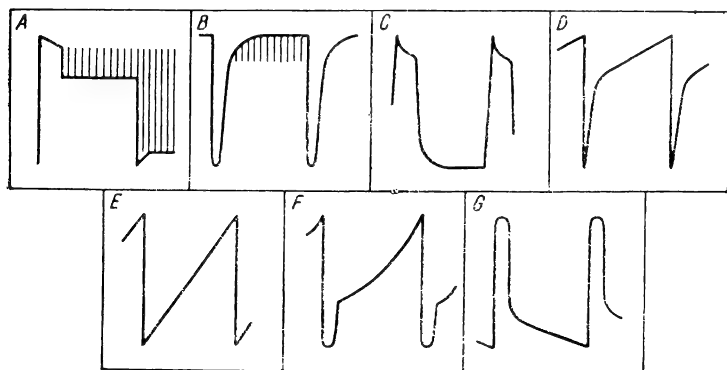


Fig. 4.36. Forme de undă în televizorul Azur VS 43-621.

anodul lui tensiunea este de forma *B*. Semnalele de sincronizare pe verticală sînt separate după durată printr-un proces de dublă integrare cu ajutorul celulelor R_4, C_4 și R_5, C_5. Trioda T_2 asigură o amplificare și o limitare. În anodul lui T_2 se obține o tensiune de forma *C*. Generatorul de baleiaj funcționează cu tuburile T_3 și T_4. Tubul T_3 funcționează în schemă de generator autoblocat comandat cu impulsurile de sincronizare. Transformatorul Tr_1 asigură reacția, iar frecvența oscilațiilor este dată de R_9, C_8, C_{11}. În grila lui T_3 tensiunea are forma *D*. Pe condensatorul de încărcare C_{11} se obține tensiunea în dinți de ferăstrău (*E*). În grila amplificatorului format din tubul T_4 se obține tensiunea de forma *F*, iar în anodul lui T_4 de forma *G*. Componenta pozitivă parabolică a tensiunii din punctul *G* este necesară pentru obținerea unei variații liniare a curentului în bobina de deflexie.

În fig. 4.37 este prezentată schema generatorului de baleiaj pe orizontală din televizorul MIRAJ.

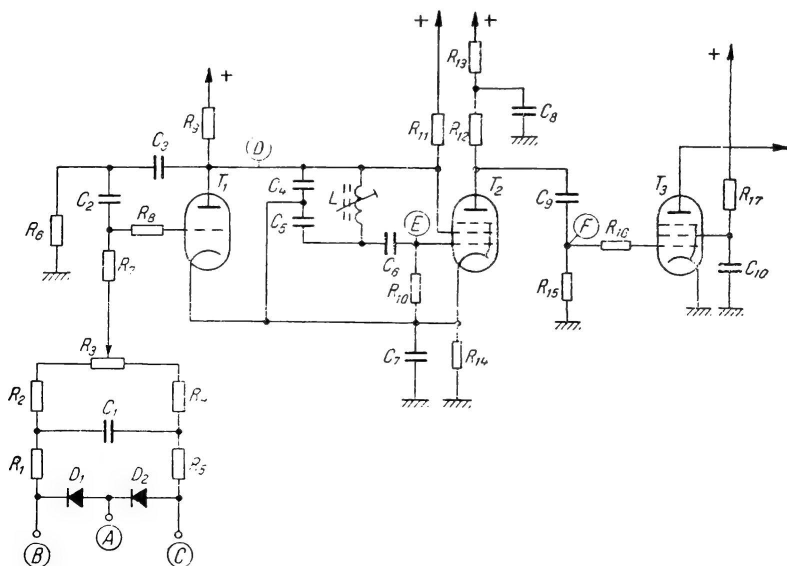


Fig. 4.37. Schema generatorului de baleiaj pe orizontală (televizorul Miraj, R.S.R.).

Impulsurile de sincronizare (*A* în fig. 4.38) sînt aplicate comparatorului de fază. Punctele *B* şi *C* sînt conectate prin circuite *R*, *C* cu înfăşurarea transformatorului care produce tensiunea de deflexie pe orizontală. În situaţiile în care apare desincronizare, comparatorul de fază

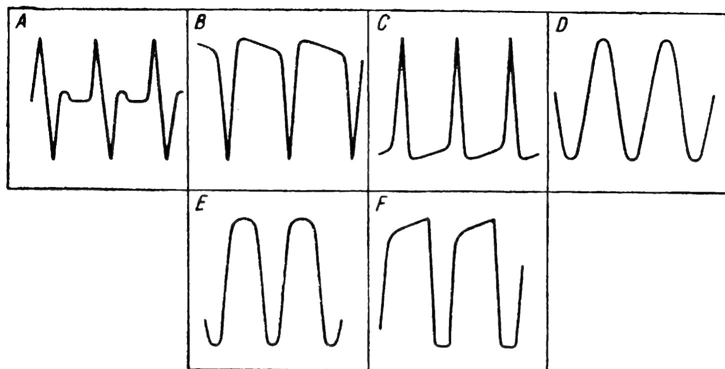


Fig. 4.38. Forme de undă în televizorul Miraj.

determină apariţia unei polarizări pe grila tubului T_1. Trioda T_1 funcţionează ca tub de reactanţă. Capacitatea echivalentă a acestui montaj intervine în circuitul oscilant al oscilatorului format din tubul T_2. În anodul lui T_1 se obţine o tensiune de forma *D*. Variaţia reactanţei tubului T_1 produce variaţia frecvenţei circuitului oscilant. În grila tubului T_2 se va obţine forma de undă *E*. Oscilaţiile sinusoidale produse de T_2 sînt transmise etajului final format de tubul T_3. Tensiunea în dinte de ferăstrău se formează cu ajutorul circuitului R_{12}, C_8, R_{13}. În grila de comandă a etajului final se obţine o tensiune de forma *F*.

4.12. RIDICAREA CARACTERISTICILOR TUBURILOR ŞI TRANZISTOARELOR. CARACTERIOGRAFUL

Ridicarea caracteristicilor punct cu punct este incomodă şi cere mult timp. În plus, această metodă nu permite trasarea caracteristicilor în zone în care se depăşeşte puterea de disipaţie a dispozitivelor. Din aceste motive

se recurge la metoda mai puţin precisă, dar mai rapidă, a trasării caracteristicilor pe ecranul osciloscopului.

Schema care permite trasarea dependenţei curentului de tensiunea aplicată unei diode este prezentată în

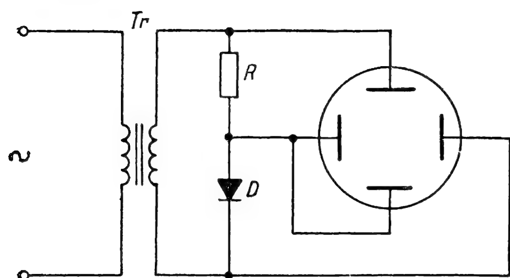


Fig. 4.39. Schema simplificată a unui diodmetru.

fig. 4.39. Transformatorul *Tr* are rolul de a coborî tensiunea aplicată pe diodă pînă la valori care nu pun în pericol viaţa acesteia. Folosirea tensiunii alternative permite obţinerea unei tensiuni variabile care asigură explorarea caracteristicii dispozitivului. Tensiunea de pe diodă este aplicată la intrarea amplificatorului de deflexie pe orizontală. Prin rezistenţa *R* circulă curentul diodei. Tensiunea de la bornele lui *R*, care este proporţională cu curentul, este aplicată la intrarea amplificatorului de deflexie pe verticală. Pe ecranul osciloscopului apare o imagine ca în fig. 4.40.

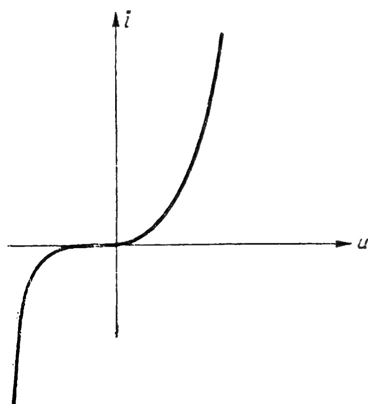
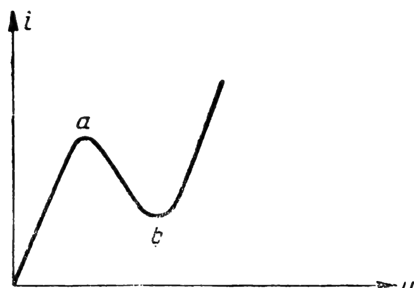


Fig. 4.40. Caracteristica $i=f(u)$ la diode.

Pentru observarea caracteristicii diodei tunel se folosește același montaj. Deosebirea constă în faptul că în acest caz rezistența R are un dublu rol. Pe de o parte asigură tensiunea proporțională cu curentul prin diodă,

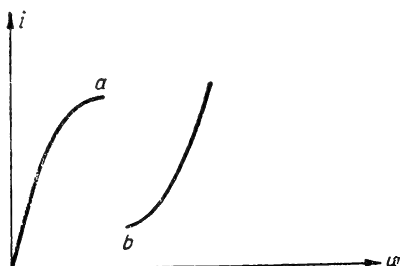
Fig. 4.41. Caracteristica $i=f(u)$ la diode tunel (rezistența negativă este compensată).



iar pe de altă parte, ea compensează rezistența negativă care corespunde porțiunii a—b din caracteristică (fig. 4.41). Dacă această rezistență nu este corespunzător aleasă, porțiunea a—b apare întunecată, ca în fig. 4.42.

Caracteristicile de comutație ale diodelor pot fi observate cu schema din fig. 4.43. Osciloscopul folosit trebuie să dispună de o bază de timp rapidă. Repetorul catodic format de tubul T_1 are rolul de a adapta circuitul de măsurare la linia de întîrziere LA. În cazul tuburilor cu mai mulți electrozi sau al tranzistoarelor intervine un al treilea parametru. În locul unei singure curbe există o familie de caracteristici. Al treilea parametru primește o variație în trepte. În fig. 4.44 este prezentată familia

Fig. 4.42. Caracteristica $i=f(u)$ la diode tunel (rezistența negativă este necompensată).



de caracteristici $I_c = f(U_c)$ pentru diferiți U_E la un tranzistor.

Montajul care permite observarea familiei de caracteristici este schițat în fig. 4.45. Se observă că pe emitor se

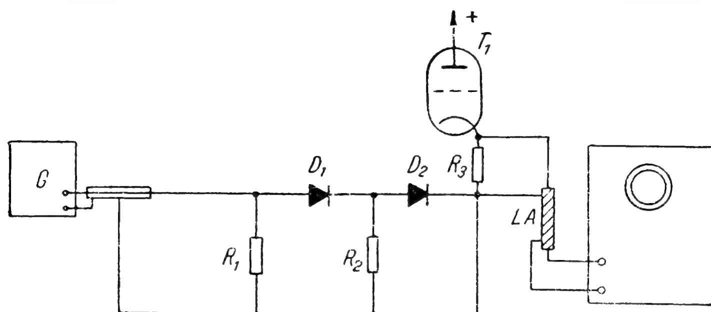


Fig. 4.43. Schemă pentru ridicarea caracteristicilor de comutație la diode.

aplică o tensiune în trepte. Fiecare treaptă corespunde unei anumite valori U_E și permite trasarea unei curbe. Schema funcționează suficient de rapid astfel ca pe ecran

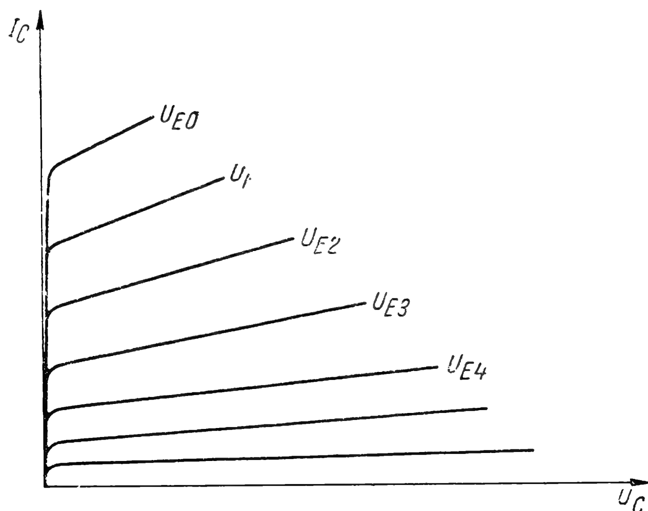


Fig. 4.44. Familie de caracteristici la tranzistor.

să se poată observa simultan toate caracteristicile familiei, ca în fig. 4.44.

Aparatele specializate pentru trasarea caracteristicilor dispozitivelor menționate poartă, după caz, denumirea de diodmetre sau caracteriografe.

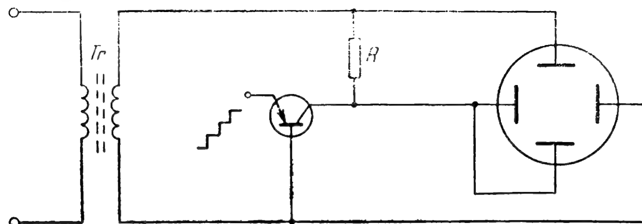


Fig. 4.45. Schemă pentru măsurarea caracteristicilor la tranzistor.

În fig. 4.46 este prezentată schema-bloc a unui diodmetru. Acest dispozitiv permite observarea caracteristicilor joncțiunilor unui tranzistor și observarea unei caracteristici în funcție de un parametru. Parametrul poate fi variat cu ajutorul unui comutator *K*.

În fig. 4.47 este prezentată schema-bloc a unui caracteriograf.

Generatorul G_1 produce o succesiune de 12 impulsuri egal distanțate. Primele 11 impulsuri negative au forma unor dinți de ferăstrău cu durata de 0,5 ms și cu pauze de 1 ms între ele. Al 12-lea impuls are forma dreptun-

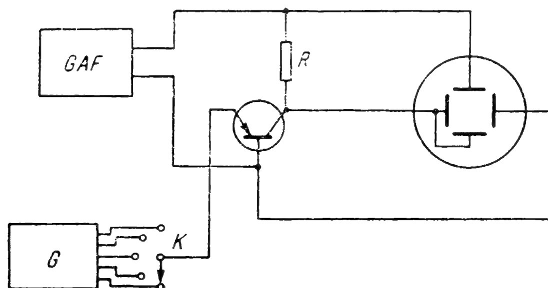


Fig. 4.46. Schema-bloc a diodmetrului.

ghiulară și are rolul de a restaura condițiile inițiale. Amplificatorul A_1, care conține și un reptor catodic, transformă impulsurile negative de tensiune în dinți de ferăstrău în impulsuri pozitive de aceeași formă. Aceste

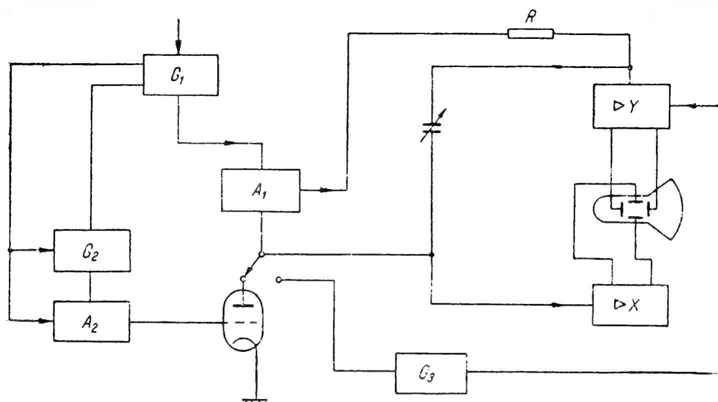


Fig. 4.47. Caracteriograf.

impulsuri se aplică pe anodul tubului testat și, de asemenea, sistemului de deflexie pe orizontală. Curentul anodic produce o cădere de tensiune pe rezistența R. Această tensiune este amplificată și aplicată sistemului de deflexie pe verticală. Generatorul G_1 mai comandă un alt generator G_2, care produce o tensiune în trepte. La ieșirea din amplificatorul A_2 se obține o succesiune de impulsuri dreptunghiulare a căror amplitudine scade în trepte și care se aplică pe grila tubului testat. Generatorul G_3 servește pentru calibrarea scărilor ecranului. Caracteriograful mai conține o serie de circuite de protecție pentru cazurile în care anumite tensiuni și anumiți curenți depășesc valorile prescrise.

4.13. OSCILOSCOPUL ÎN RADIOLOCAȚIE

Pentru determinarea distanței pînă la un obiect și, în general, pentru observarea prin radio a obiectelor înconjurătoare, se emite un tren de unde radio și se măsoară timpul pînă la întoarcerea undei reflectată de obiect.

O schemă-bloc simplă de echipament radar este prezentată în fig. 4.48. Emițătorul E generează o oscilație de putere cu frecvența de cîteva sute de megaherți care este transmisă prin antenă sub formă de impulsuri cu o

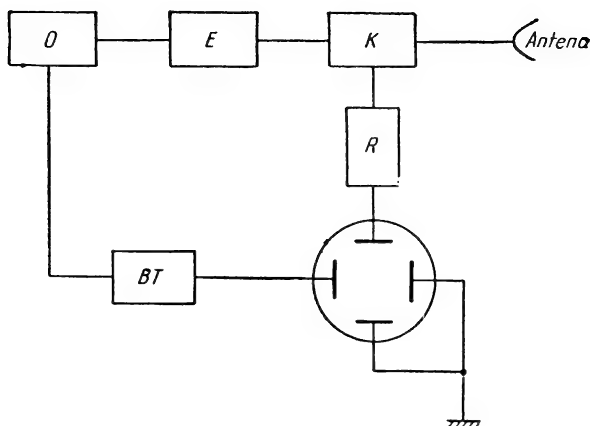


Fig. 4.48. Schemă-bloc a radarului.

frecvență de repetiție de 400—2 000 Hz. Tensiunea de joasă frecvență este produsă de oscilatorul O. După transmiterea impulsului, antena este conectată la receptorul R și impulsul reflectat de obiect este aplicat pe sistemul de deflexie pe verticală a osciloscopului. Amplitudinea impulsului reflectat scade cu distanța față de obiect. Baza de timp BT calibrată are rolul de a asigura baleiajul și de a permite determinarea timpului între emiterea impulsului și recepția lui. Pe ecranul osciloscopului se poate măsura distanța între cele două impulsuri și astfel rezultă distanța reală între emițător și obiect. Comutatorul K are rolul de a proteja receptorul în timpul emisiei impulsului și de a evita intrarea impulsului reflectat în circuitele emițătorului. Antena, care se rotește, permite emiterea unui fascicul îngust, care „mătură“ mediul înconjurător. Cel mai răspîndit sistem de baleiaj este sistemul cu bază de timp radială, care desfășoară spotul de

la centrul ecranului spre margine. Rotirea razei se realizează cu un sistem de bobine de deflexie care se învîrtesc sincron cu antena.

4.14. MĂSURAREA GRADULUI DE MODULAȚIE

Una dintre problemele fundamentale în comunicațiile prin radio este cunoașterea adîncimii de modulație. Cea mai simplă metodă pentru aflarea acesteia constă în aplicarea la intrarea amplificatorului de deflexie pe verticală a semnalului modulat și sincronizarea bazei de timp cu semnalul care modulează. Pe ecran va apărea o imagine ca în fig. 4.49.

Făcînd raportul diferenței $a—b$ la suma $a+b$ se poate calcula gradul de modulație. Dacă se aplică tensiunea purtătoarei sistemului de deflexie pe verticală și tensiunea modulatoare sistemului de deflexie pe orizontală, pe ecran va apărea o imagine ca în fig. 4.50.

Presupunînd că nu apar defazaje între purtătoare și modulatoare, imaginea va avea forma unui trapez. În

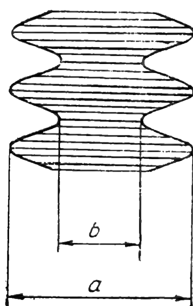


Fig. 4.49. Imagine obținută la măsurarea gradului de modulație.

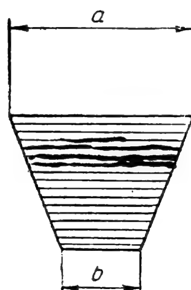


Fig. 4.50. Imagine obținută la măsurarea gradului de modulație.

cazul modulației de 100%, imaginea se va transforma într-un triunghi. Dacă creșterea tensiunii modulatoare nu este însoțită de creșterea tensiunii de radiofrecvență, trapezul se deformează prin aplatisare în zona bazei mari. Prezența armonicii a doua în tensiunea de modulație poate

fi pusă în evidență reducînd modulatoarea la zero. Pe ecran va rămîne doar o linie verticală corespunzătoare purtătoarei. Dacă creșterea ulterioară a tensiunii de modulație este însoțită de o dezvoltare inegală a trapezului în jurul liniei verticale a purtătoarei, este sigură prezența armonicii a doua. Dacă apar schimbări ale fazei între

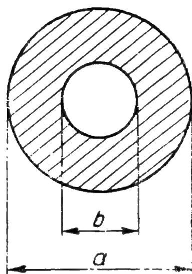


Fig. 4.51. Imagine obținută la măsurarea gradului de modulație.

modulatoare și purtătoare, laturile neparalele ale trapezului se transformă în elipse.

În sfîrșit, o altă metodă folosește purtătoarea pentru a produce o bază de timp circulară cu ajutorul unui circuit defazor. Pe ecran va apărea o imagine ca în fig. 4.51.

În cazul modulației de 100% inelul se transformă în disc.

4.15. MĂSURAREA LINIILOR DE TRANSMISIE

Măsurarea parametrilor și punerea în evidență a defectelor liniilor de transmisie pot fi realizate cu ajutorul osciloscopului. Testarea se poate face cu un generator și cu un indicator obișnuit.

Pentru transmisiile de bandă largă, care folosesc impulsuri scurte și abrupte, se folosește montajul din fig. 4.52. Un oscilator autoblocat O_1 generează impulsuri cu o frecvență de repetiție de 2 kHz, care sînt apoi aplicate la intrările a două amplificatoare A_1 și A_2. Din amplificatorul A_1 impulsurile traversează o linie de întîrziere fixă LA_1 pentru a fi aplicate la intrarea unui oscilator autoblocat comandat O_2. Oscilatorul O_2 produce niște impulsuri cu un front anterior de aproximativ 12 ns, care sînt amplificate într-un amplificator cu constante distribuite A_3 cu o bandă de 600 MHz. De la ieșirea amplifica-

torului A_3 impulsurile sînt aplicate sistemului de deflexie pe verticală şi liniei de transmisie testată. Impulsurile amplificate de A_2 traversează o linie de întîrziere variabilă continuu LA_2 şi apoi sînt aplicate oscilatorului autoblocat O_3, care declanşează baza de timp BT a osciloscopu-

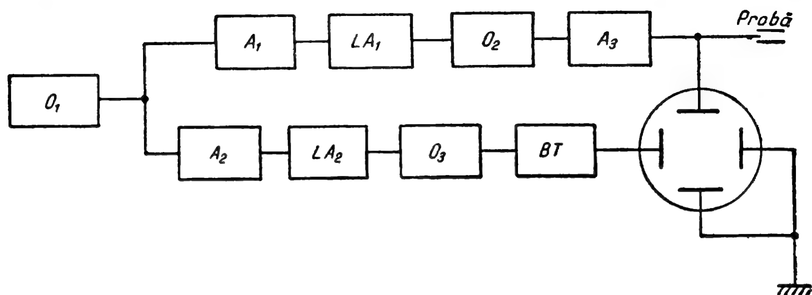


Fig. 4.52. Montaj pentru măsurarea liniilor de transmisie.

lui. Ajustînd linia artificială LA_2 se poate modifica momentul declanşării bazei de timp.

În fig. 4.53 sînt prezentate impulsurile transmise t_0 şi impulsurile reflectate t_1 în diferite situaţii: circuit deschis la capăt (fig. 4.53, *a*), circuit scurtcircuitat la capăt (fig. 4.35, *b*), circuit cu sarcină inductivă la capăt (fig. 4.53, *c*) şi circuit cu sarcină capacitivă la capăt (fig. 4.53, *d*).

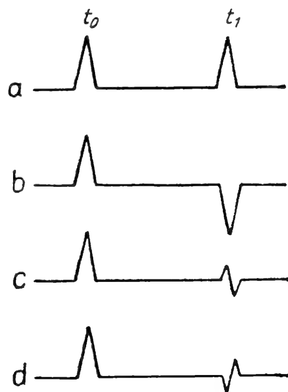


Fig. 4.53. Impulsuri care apar pe linia de transmisie.

Timpul între cele două impulsuri poate permite calculul vitezei de propagare a impulsului prin linie. Pentru situaţiile în care sînt necesare două linii cu aceeaşi lungime, se poate aplica metoda de mai sus. Una dintre linii se lasă liberă la capăt, iar cealaltă se scurtcircuitează. Ambele linii sînt alimentate cu impulsuri, dar prima linie reflectă un impuls de aceeaşi polaritate, iar a doua linie reflectă un im-

puls cu polaritate inversă. Cînd cele două impulsuri de polarităţi diferite coincid, ca poziţie pe ecran, liniile au aceeaşi lungime.

4.16. RIDICAREA CURBEI DE HISTEREZIS

Materialele feromagnetice sînt foarte bine caracterizate de curbele reprezentînd dependenţa inducţiei magnetice *B* de cîmpul magnetic *H*.

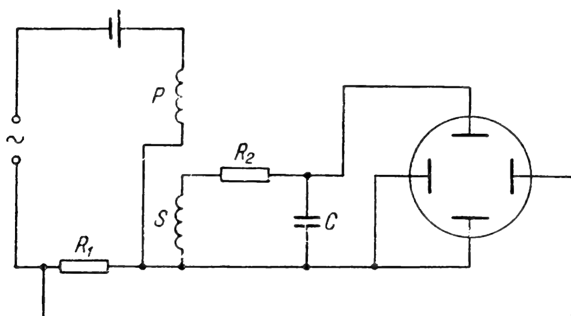


Fig. 4.54. Montaj pentru ridicarea curbei de histerezis.

În fig. 4.54 este prezentat un montaj care permite ridicarea curbei de histerezis. O tensiune alternativă este aplicată bobinei de măsurare *P* şi rezistenţei calibrate *R*. Materialul feromagnetic testat, sub forma unui miez, poate fi introdus în interiorul bobinei *P*. Cîmpul magnetic *H* este proporţional cu curentul prin bobină şi astfel tensiunea la bornele rezistenţei R_1, proporţională cu cîmpul *H*, poate fi aplicată sistemului de deflexie pe orizontală. Într-o altă bobină *S*, cuplată cu bobina *P*, se induce un flux magnetic proporţional cu derivata inducţiei *B*. Pentru a obţine un semnal proporţional cu inducţia, tensiunea bobinei *S* traversează circuitul de integrare R_2, *C* şi apoi se aplică sistemului de deflexie pe verticală. Pe ecranul osciloscopului va apărea o curbă ca în fig. 4.55, reprezentînd dependenţa $B=f(H)$.

Pentru ridicarea rapidă a curbelor de histerezis se folosesc aparate specializate numite feroscoape. Schema-bloc simplificată a unui feroscop este prezentată în fig. 4.56.

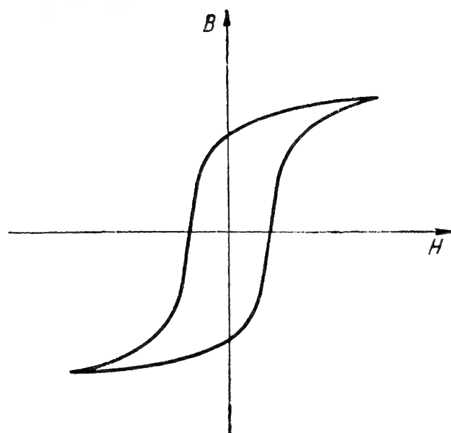


Fig. 4.55. Curbă de histerezis.

Capul de probă *CP* conține 4 bobine: bobina de excitație L_1 și bobinele de măsurare L_2—L_4. Bobina L_1 este alimentată de la un generator de audiofrecvență *GAF* cu

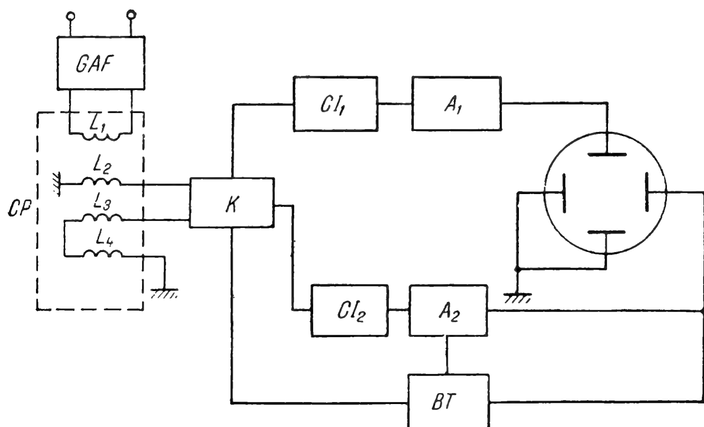


Fig. 4.56. Schema-bloc a feroscopului.

frecvenţa reglabilă pînă la 1 kHz. Bobina L_2 serveşte la măsurarea variaţei cîmpului H, iar bobinele L_3 şi L_4 produc o tensiune proporţională cu variaţia inducţiei B. Prin comutatorul K, cele două tensiuni sînt aplicate unor circuite de integrare CI_1, CI_2, iar apoi unor amplificatoare A_1 şi A_2, de unde ajung la sistemele de deflexie pe verticală şi pe orizontală. Frecvenţa generatorului BT poate fi reglată între 10 Hz şi 10 kHz. Tensiunea de baleiaj este sincronizată cu tensiunea amplificatorului A_2. Feroscopul mai este prevăzut şi cu sisteme de calibrare şi de trasare a axelor de coordonate, care nu apar în schema-bloc.

4.17. VERIFICAREA BOBINAJELOR ROTOARELOR

Rotoarele maşinilor electrice cu colector pot fi verificate la scurtcircuit cu ajutorul montajului din fig. 4.57.

Rotorul este montat într-un strung sau într-un mecanism care permite rotirea cu o viteză potrivită. O pereche de perii foloseşte la aplicarea unei tensiuni cu o frecvenţă de 2—3 kHz produsă de un generator de audiofrecvenţă *GAF*. Cealaltă pereche de perii se poate roti în jurul colectorului. În timpul învîrtirii rotorului perechea mobilă de perii primeşte un semnal de la fiecare sector al rotorului. Dacă un sector prezintă scurtcircuit, pe ecranul osciloscopului apare o imagine ca în fig. 4.58.

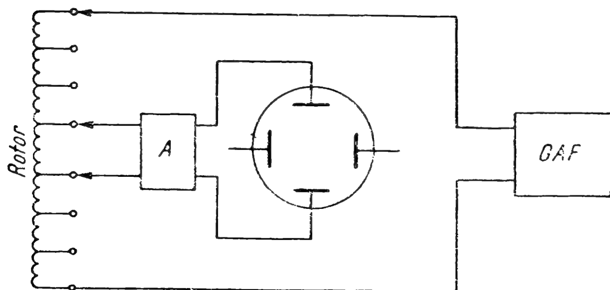
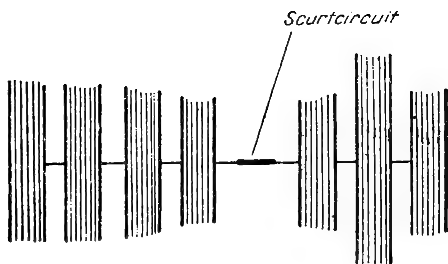


Fig. 4.57. Montaj pentru verificarea rotoarelor maşinilor electrice.

Fig. 4.58. Forme de undă la verificarea rotoarelor.



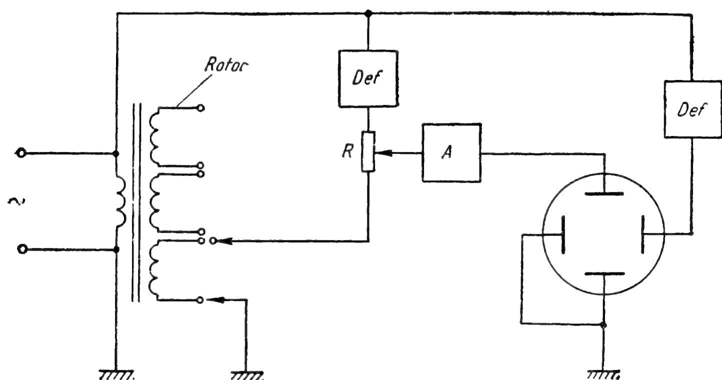


Fig. 4.59. Montaj pentru verificarea rotoarelor mașinilor electrice.

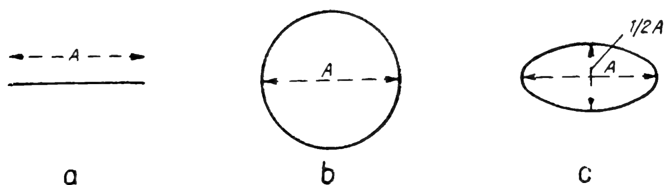


Fig. 4.60. Imagini în cazul verificării rotoarelor.

O altă metodă pentru verificarea bobinelor rotoarelor se bazează pe plasarea rotorului într-un cîmp creat de o sursă de tensiune de audiofrecvență (fig. 4.59).

Aceeaşi sursă alimentează două rețele de defazare *Def*. Una dintre ele conduce semnalul direct la sistemul de deflexie pe orizontală. A doua rețea este legată în serie cu o rezistență *R* şi cu sectorul testat. De pe rezistența *R* se culege tensiunea de deflexie pe verticală. Diversele curbe care pot apărea pe ecranul osciloscopului sînt prezentate în fig. 4.60: *a* — sector normal, *b* — circuit deschis, *c* — scurtcircuit.

4.18. DEFECTOSCOPIE ULTRASONORĂ

Pentru examinarea defectelor care pot apărea în interiorul anumitor piese se folosesc metode care implică distrugerea piesei sau metode nedestructive. Dintre metodele nedestructive, în funcție de materialul piesei cercetate, una dintre cele mai cunoscute este metoda defectoscopiei ultrasonore. Metoda este recomandată în special în cazul pieselor de dimensiuni mari care prezintă defecte mici.

În fig. 4.61 este prezentată schema-bloc a unui defectoscop bazat pe metoda ecoului. Oscilatorul pilot *O* conține un multivibrator care produce impulsuri dreptunghiulare cu o frecvență de repetiție de aproximativ 500 Hz. Aceste impulsuri declanşează baza de timp *BT* şi determină funcționarea generatorului de impulsuri *G*. Generatorul *G*

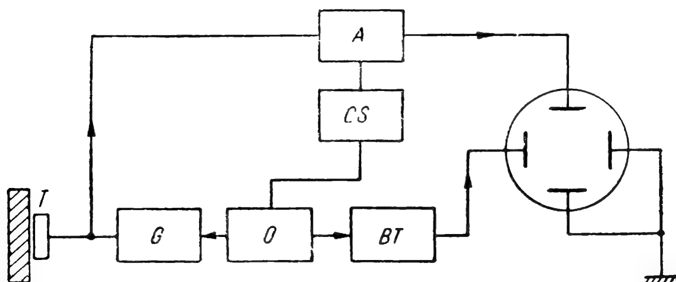


Fig. 4.61. Schema-bloc a defectoscopului.

produce trenuri de 3—4 oscilaţii puternic amortizate, cu frecvenţa de aproximativ 1MHz, care alimentează un traductor piezoelectric *T*. Impulsurile ultrasonore produse de traductorul *T* traversează piesa studiată şi sînt reflectate

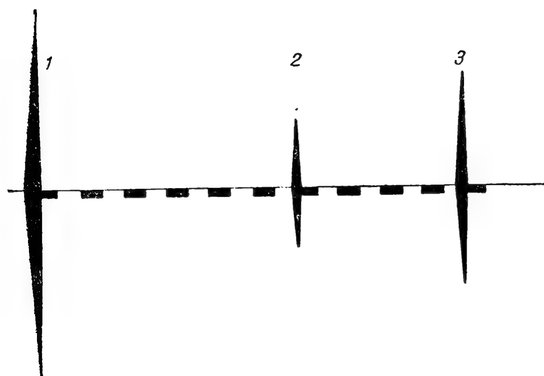


Fig. 4.62. Imagine pe ecranul defectoscopului.

fie de defecte, fie de capătul piesei (de zonele de separaţie a două medii diferite). Traductorul *T* este comutat în poziţia de receptor. Semnalele ultrasonore reflectate sînt transformate în impulsuri electrice şi apoi aplicate la intrarea amplificatorului *A*. Sensibilitatea amplificatorului poate fi reglată automat cu ajutorul unui dispozitiv de control al sensibilităţii *CS*. De la ieşirea amplificatorului semnalul este aplicat sistemului de deflexie pe verticală a osciloscopului. Pe ecran vor apărea imagini ca în fig. 4.62, unde *1* este impulsul emis, *3* este impulsul reflectat de capătul piesei, iar *2* — impulsul reflectat de defect. Defectoscopul dispune de o calibrare în timp a ecranului, cu ajutorul unor repere luminoase, astfel încît se poate aprecia uşor adîncimea la care se află defectul.

4.19. APLICAŢII ÎN TEHNICA NUCLEARĂ

Printre metodele de studiere a structurii nucleului atomic un loc însemnat îl ocupă metodele spectroscopiei nucleare legate de măsurarea distribuţiei după amplitudine şi timp a impulsurilor electrice produse de detec-

toarele de particule. În general, detectoarele dau la ieșire semnale electrice a căror amplitudine conține informații despre energia particulelor studiate. În acest fel distribuția impulsurilor electrice după amplitudine permite apre-

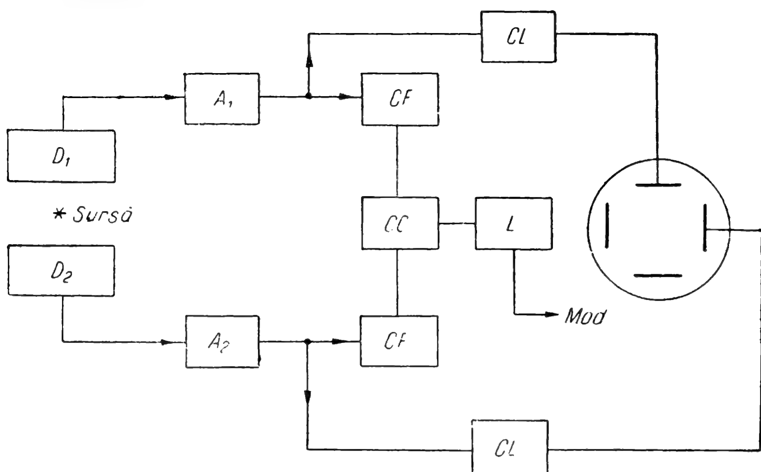


Fig. 4.63. Schema-bloc a analizorului multiplu.

cierea distribuției paticulelor după energie. Aceste distribuții au un caracter continuu și, pentru măsurare, întregul domeniu este împărțit într-un număr finit de intervale, numite canale. Explorarea canalelor se poate face succesiv sau simultan. Explorarea simultană este mai indicată și se realizează cu ajutorul unui analizor multicanal. În ultimii ani, analizoarele multicanal au căpătat o răspîndire largă atît pentru analiza distribuției după amplitudine sau după timp, cît și pentru măsurări multiple cînd este necesară distribuția semnalelor obținute de la detectorul de particule, în funcție de doi sau mai mulți parametri. Cel mai simplu sistem (care folosește o metodă de integrare) este analizorul multiplu, în care datele se obțin prin fotografierea imaginii obținute pe ecranul unui tub catodic. Tubul catodic formează în acest caz sistemul de distribuție a informației pe canale. Precizia reprezentării datelor pe canale este însă destul de mică, în așa fel

încît practic se obțin doar aprecieri de natură calitativă. Totuși, din cauză că datele variază destul de repede, se obțin informații destul de importante.

În fig. 4.63 este prezentată schema unui analizor multiplu cu înregistrare fotografică, în care *CF* sînt circuite de formare, iar *CC* — circuit de coincidență. În momentul coincidenței impulsurile produse de detectoarele D_1 și D_2 și apoi amplificate de A_1 și A_2 sînt lărgite cu ajutorul circuitelor de lărgire a impulsurilor *CL* și aplicate sistemelor de deflexie. La cîteva microsecunde după momentul coincidenței se conectează sistemul de modulare a intensității spotului. Astfel, fiecare pereche de impulsuri produce apariția unui punct pe ecran, a cărui poziție este determinată de amplitudinea celor două semnale. Fotografierea ecranului permite reținerea informației respective. Pe ecran se pot trasa anumite linii care separă porțiunile din spectru care prezintă interes deosebit.

4.20. APLICAȚII ÎN MEDICINĂ

În ultimii ani, electronica medicală s-a dezvoltat considerabil. Necesitatea observării manifestărilor electrice normale sau patologice ale materiei vii a impus construirea unor aparate electromedicale cu înregistratoare sau cu tub catodic. Pentru obținerea imaginii unor țesuturi în adîncime se folosesc metode de ecou similare celor utilizate în defectoscopia ultrasonoră industrială. Față de diagnosticul röntgen, metodele bazate pe ultrasunete prezintă avantaje în cazul studierii țesuturilor moi.

În fig. 4.64 este prezentată schema-bloc a montajului pentru obținerea ecogramei. Pentru a obține o rezoluție bună se folosesc impulsuri scurte. Frecvența maximă se limitează însă la 2,5 MHz. Se poate folosi un singur traductor *T*, care se comută de pe emisie pe recepție. Circuitul de sincronizare *S* produce impulsuri cu o frecvență de repetiție între 100 Hz și 100 kHz, care comandă generatorul *G*, declanșează baza de timp *BT* și comandă circuitul de marcare *Mk*. După emiterea impulsurilor ultrasonore, traductorul *T* se comută pe recepție și impulsurile reflectate de zonele unde au loc variații ale mediului, sînt

transformate în impulsuri electrice și amplificate cu ajutorul amplificatorului *A*. Metoda se aplică în special pentru examinarea creerului, inimii și ochiului. Pentru mărirea preciziei se poate folosi un osciloscop cu două canale

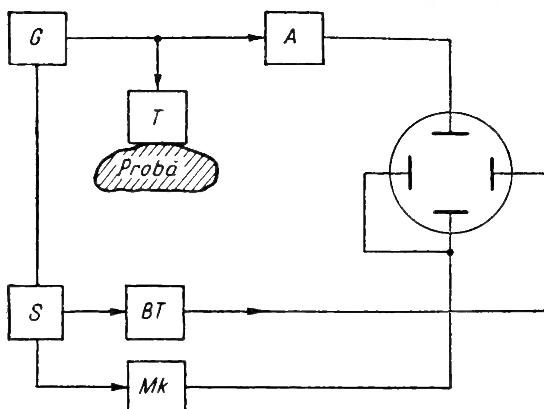


Fig. 4.64. Schema montajului pentru obținerea ecogramei.

cuplat cu două traductoare de emisie și cu două traductoare de recepție. Astfel, pot fi comparate două zone simetrice ale corpului omenesc.

Pentru observarea activității electrice a mușchilor scheletici se folosește electromiograful (fig. 4.65). Acest

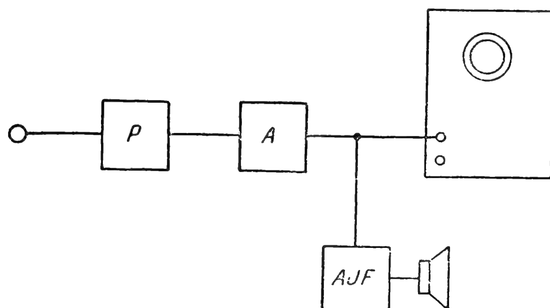


Fig. 4.65. Schema-bloc a electromiografului.

aparat cuprinde un preamplificator biologic *P*, analog celor folosite în encefalografe, urmat de un amplificator final *A*, a cărui ieșire se aplică la sistemul de deflexie pe verticală al osciloscopului. În fața ecranului se poate plasa

un aparat fotografic cu derulare continuă. O ieşire a amplificatorului *A* este legată la un amplificator de joasă frecvenţă prevăzut cu un difuzor, pentru examen acustic. Montajul poate fi improvizat folosind un canal al ence-

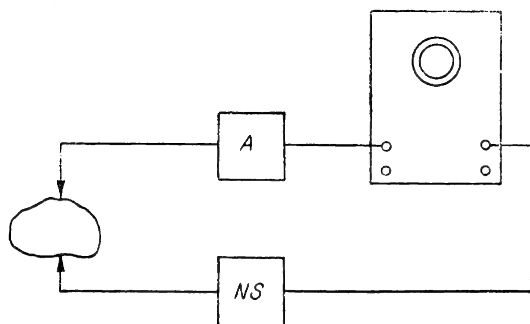


Fig. 4.66. Electromiograf cu neurostimulator.

falografului, un osciloscop şi un amplificator. Electromiograful poate fi asociat cu un neurostimulator *NS*, ca în fig. 4.66.

Neurostimulatorul are şi rolul de a declanşa baza de timp cu o singură cursă a osciloscopului.

Studiile electroencefalografice se pot face pe un sistem de afişaj deosebit, folosind aparatul numit toposcop. În esenţă, acest aparat conţine cîte un tub catodic de dimensiuni mici pentru fiecare dintre cele 20—25 de canale ale electroencefalografului. Distribuţia spaţială a tuburilor catodice corespunde distribuţiei punctelor analizate. Se foloseşte un baleiaj în spirală, care permite mişcarea spotului pe o spirală de la centrul spre marginea ecranului.

4.21. APLICAŢII ÎN MECANICĂ

Multe măsurări din mecanică pot fi efectuate cu ajutorul unui osciloscop prevăzut cu un traductor adecvat. Mărimile care pot fi măsurate direct pot fi calculate din efectele produse asupra unui material cunoscut. Un exemplu tipic al măsurărilor directe este determinarea vitezei

particulelor în mişcare. Principiul de măsurare se bazează pe întreruperea unei raze de lumină la trecerea particulelor respective, fapt care poate produce apariţia unui impuls la o fotocelulă. Pentru măsurarea vitezei unui pro-

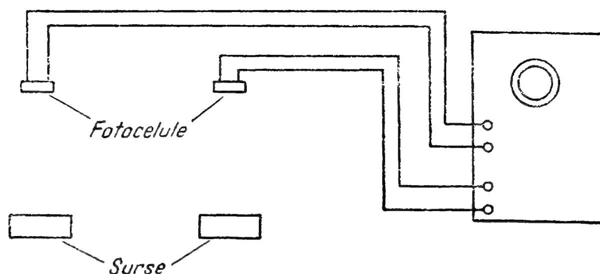


Fig. 4.67. Schemă pentru măsurarea vitezei particulelor în mişcare.

iectil se folosesc de obicei două sau mai multe fotocelule iluminate fiecare cu cîte un fascicul subţire (fig. 4.67). Traversarea de către proiectil a fiecărui fascicul produce apariţia unor impulsuri de tensiune care sînt aplicate pe sistemul de deflexie pe verticală al osciloscopului.

Distanţa între impulsuri în cazul unei baze de timp calibrate poate exprima direct viteza proiectilului.

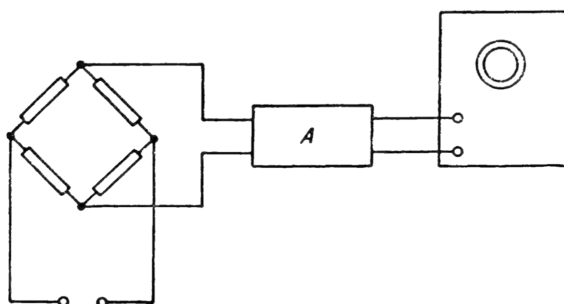


Fig. 4.68. Schemă pentru măsurarea presiunii unui lichid.

Pentru măsurarea presiunilor poate fi folosit un osciloscop împreună cu traductoare rezistive de presiune. Acestea au avantajul unei bune stabilități și pot fi calibrate cu ușurință. În fig. 4.68 este prezentat un montaj

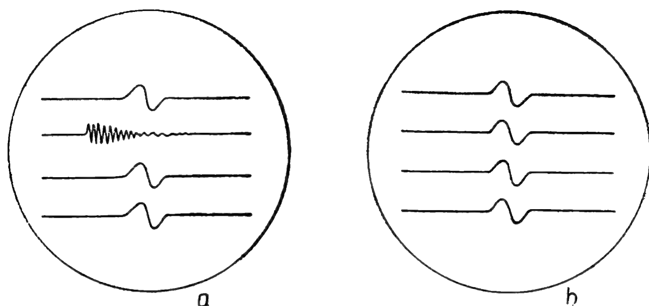


Fig. 4.69. Imagine în cazul observării funcționării motoarelor cu ardere internă.

pentru măsurarea presiunii într-o conductă de lichid. Traductorul se compune din patru rezistențe bobinate pe un cilindru comun și legate în punte. Două dintre ele sînt supuse presiunii lichidului investigat. Ieșirea punții este legată la un amplificator de curent continuu alimentat de la o sursă stabilizată de tensiune. Osciloscopul utilizat trebuie să aibă ecran cu persistență mare și, de obicei, imaginea obținută se fotografiază.

Funcționarea corectă a motoarelor cu ardere internă poate fi pusă în evidență cu ajutorul unor traductoare de presiune și a unui osciloscop cu mai multe canale. Se poate studia efectul variațiilor amestecului carburant și al substanțelor antidetonante. În fig. 4.69 sînt prezentate imaginile obținute în două situații. În primul caz (fig. 4.69, *a*) un cilindru prezintă fluctuații în perioada dinaintea aprinderii. Al doilea caz (fig. 4.69, *b*) corespunde funcționării normale. Pentru studiul variațiilor de presiune, în amplificator poate fi inclus un circuit de diferențiere.

5

VERIFICAREA ŞI DEPANAREA OSCILOSCOPULUI

În procesul utilizării osciloscopului pot apărea modificări ale parametrilor de funcţionare sau defecte. Modificarea parametrilor poate fi determinată de schimbarea parametrilor tuburilor electronice, rezistenţelor şi condensatoarelor, de oxidarea contactelor şi de alte cauze.

În general, manualul de instrucţiuni al osciloscopului indică anumite verificări ale blocurilor. Acestea cer însă calificare ridicată şi aparatură specială. În continuare, se vor da totuşi cîteva indicaţii de verificare şi reparare accesibile unui cerc mai larg de persoane.

Înainte de orice intervenţie este indicat să se urmărească atent starea montajului, poziţia pieselor, pentru a fi posibilă observarea unor scurtcircuite, atingeri de piese sau întreruperi de circuite. Se observă în continuare dacă nu există tuburi electronice sparte sau fisurate, rezistenţe arse sau înegrite, tuburi ieşite din socluri sau comutatoare care în mod vizibil nu fac contact.

Conectarea osciloscopului defect la reţea trebuie făcută cu atenţie, folosind eventual un autotransformator care să ofere tensiuni din ce în ce mai mari pînă la valoarea nominală şi urmărind consumul de curent de la reţea, care trebuie să fie apropiat de valoarea prescrisă. Dacă curentul creşte repede peste valoarea prescrisă, este bine să se întrerupă alimentarea şi să se verifice mai atent starea montajului. În acest caz se verifică dacă nu există scurtcircuite în circuitele de încălzire a filamentelor, între circuitele anodice şi şasiul osciloscopului, dacă nu

sînt străpunse bobinele de șoc ale filtrului, dacă starea condensatoarelor electrolitice este bună. Poate fi defectă una dintre diodele redresoare sau transformatorul poate avea spire în scurtcircuit. Scoțînd toate tuburile electronice din socluri, prezența unui consum prea mare de curent de la rețea indică un defect în transformator sau scurtcircuit în circuitele de alimentare a filamentelor. Introducînd în socluri numai tuburile redresoarelor, un consum prea mare de curent de la rețea sugerează prezența unor scurtcircuite între circuitele anodice și șasiu. În fine, la un consum normal de curent se lasă osciloscopul conectat la rețea timp de cîteva minute pentru a se asigura încălzirea filamentelor. Se acționează butoanele care reglează intensitatea, focalizarea și deplasarea spotului.

Absența spotului este cauzată de un defect în circuitele de reglare a spotului, în blocul de alimentare sau chiar în tubul catodic. Pentru precizarea locului defectului se rotește pînă la maximum butonul de reglaj al intensității spotului și se observă atent ecranul. Dacă se vede într-o parte a ecranului o slabă iluminare, aceasta indică un defect în circuitele care asigură deplasarea poziției spotului. Unele osciloscoape dispun de 4 becuri cu neon, a căror aprindere indică direcția în care spotul a părăsit ecranul. Întrucît deplasarea poziției spotului se realizează de obicei prin modificarea simetriei în alimentarea unor tuburi electronice din amplificatoarele în contratimp, defectul poate fi dat de proasta funcționare a unui tub sau defectarea potențiometrului respectiv.

Funcționarea baleiajului este pusă în evidență de prezența unei urme pe care o lasă spotul pe ecran. Cu comutatorul vitezei de baleiaj în poziții corespunzătoare vitezelor mijlocii și mari, urma de pe ecran are forma unei linii orizontale. Dacă această linie lipsește, trebuie verificate tensiunile la soclul tubului catodic. De menționat că tensiunea înaltă de pe tubul catodic este de obicei negativă față de șasiu. Dacă toate tensiunile corespund celor indicate de constructor, tubul catodic poate fi ieșit din soclu sau defect. Dacă tensiunile la soclu nu corespund, trebuie verificat divizorul de tensiune care le produce,

apoi redresorul de înaltă tensiune şi condensatoarele filtrului.

Absenţa baleiajului este consecinţa unui defect în generatorul de baleiaj, în amplificatorul de deflexie pe orizontală sau în tubul catodic. Localizarea defectului se poate face astfel: se deconectează baleiajul şi se aplică o tensiune alternativă la intrarea amplificatorului de deflexie pe orizontală. Dacă pe ecran apare o linie orizontală, defectul aparţine generatorului de baleiaj. Dacă nu apare linia orizontală, trebuie verificate amplificatorul de deflexie pe orizontală şi tubul catodic. Se aplică semnal chiar pe plăcile de deflexie pe orizontală. Dacă linia nu apare, tubul este defect. Apariţia liniei indică un defect în amplificator. În cazul amplificatoarelor cu un singur etaj se schimbă tubul electronic cu un altul bun. Depanarea amplificatorului cu mai multe etaje se poate face folosind drept indicator chiar tubul catodic. Se aplică printr-un condensator de 0,1 μF o tensiune alternativă la intrarea ultimului etaj şi apoi sucesiv celorlalte etaje către intrarea generală. Dacă schema funcţionează normal între punctul de aplicare a tensiunii şi plăcile de deflexie, atunci pe ecran apare linia orizontală. Primul punct în care această linie dispare determină locul defectului.

Nestabilitatea imaginii poate fi produsă de un defect în canalul de sincronizare. Dacă pentru mărirea semnalului de sincronizare se utilizează un amplificator, se schimbă tubul electronic. Se verifică, de asemenea starea montajului şi poziţia conductoarelor. Nestabilitatea imaginii mai poate fi determinată de prezenţa zgomotului reţelei în circuitele de sincronizare. Dacă în poziţiile „sincronizare internă" şi „sincronizare de la reţea" se obţine o sincronizare la fel de proastă, atunci cauza este zgomotul.

Absenţa deviaţiei pe verticală indică un defect în amplificatorul de deflexie pe verticală. Dacă nu apare niciun fel de deviaţie, este bine să se schimbe tuburile amplificatorului, să se controleze starea contactelor atenuatorului de la intrare şi starea cablului de intrare. Dacă totul este normal, se aplică o tensiune sinusoidală la intrarea etajelor amplificatorului începînd cu ultimul şi se urmăreşte

apariția sinusoidei pe ecranul tubului catodic. Prezența zgomotului conduce la îngroșarea liniei spotului sau chiar la modularea imaginii utile. Cauzele principale sînt modificarea parametrilor tuburilor și mărirea rezistenței contactelor de punere la masă.

Verificările indicate de constructor în manualul de instrucțiuni se referă mai mult la blocurile osciloscopului, la funcționarea lor corectă și la anumite elemente de reglaj. Sînt utile însă anumite verificări ale osciloscopului ca ansamblu. Rezistența de intrare a osciloscopului se poate măsura legînd intrarea acestuia la o punte de rezistențe (de curent alternativ dacă intrarea osciloscopului are condensator serie). Cu o punte de capacități se poate măsura componenta capacitivă a impedanței de intrare. Verificarea sensibilității se face, după calibrarea prealabilă a osciloscopului, prin aplicarea unei tensiuni de audiofrecvență (50 Hz sau 1000 Hz, după caz), care să producă o deviație cunoscută pe ecran și care se măsoară cu un voltmetru electronic de precizie. Ridicarea caracteristicii de frecvență a osciloscopului se face prin aplicarea unei tensiuni sinusoidale cu frecvența de 50 Hz sau 1000 Hz care să producă pe ecran o deviație a spotului pe aproximativ 2/3 din diametrul ecranului. Această tensiune se menține constantă pentru toată banda de frecvențe investigată. Din raportul dintre deviația la frecvență cercetată și deviația la frecvența de referință rezultă abaterea caracteristicii de frecvență.

BIBLIOGRAFIE

1. *Baranovski, V. I.* **Elektronnolucevîe trubki.** Moscova, Gosenergoizdat, 1961.
2. *Boikov, M. A.* **Elektronnolucevaia trubka.** Moscova, Voenizdat, 1960.
3. *Bigalke, A.* **Messtechnik der Elektronenstrahl Oszillographen** Karlsruhe, Braunschweig, 1959.
4. *Bușev, N. ș.a.* **Commutatorî k osțillografam.** În „Radio", 1960, nr., 4, p. 57—58.
5. *Czech, J.* **Oszillographen Messtechnik.** Berlin, Bersigwalde, 1959.

6. *Eleaşkevici, S.* **Nastroica televizorov pri pomoşci osţillografov.** În „Radio" 1955, nr. 10, p. 28—30.
7. *Fricke, H. W.* **Der Katodenstrahlloszillograph.** Leipzig, Fachbuchverlag, 1957.
8. *Fricke, H. W.* **L'enregistrement photographique des oscillogrammes electroniques.** Eindhoven N. V., Philips, 1964.
9. *Haas, A.* **Oscilloscope techniques.** New York, Gernsback, 1960.
10. *Hertel, V. ş.a.* **Svetolucevîe oşţillografî.** Moscova, Gosenergoizdat, 1965.
11. *Hoffman, H. J.* **Industrielle Electronenstrahloszillographen,** Heidelberg, Alfred Hüttig, 1967.
12. *Löbel, M., Coman, V.* **Aplicaţii industriale ale oscilografului catodic.** Bucureşti, Editura tehnică, 1959.
13. *Markov, I. P.* **Electronnîi oşţillograf.** Moscova, Voenizdat, 1950.
14. *Millner, R.* **Katodenstrahl Oszillographen.** Berlin, Verlag Technik, 1965.
15. *Nadler, M.* **Oscilograful catodic** (traducere din l. engleză). Bucureşti, Editura tehnică, 1956.
16. *Parr, C., Dave O. H.* **The Cathod-ray Tube.** Londra, Chapman and Hall Ltd. 1959.
17. *Prozorovskii, O.* **Skorostnoe osţillografirovanie.** În: „Radio", nr. 10, 1960, p. 30—31.
18. *Reabinin, I. A.* **Stroboskopicescoe osţillografirovanie signalov nanosecundnoi dlitelnosti.** Moscova, Sovetskoe Radio, 1968.
19. *Rider, J.* **Encyclopedia on Cathode-ray Oscilloscopes and their uses.** New York, a Rider publication, 1959.
20. *Sobolevskii, A. G.* **Elektronnolucevoi osţillograf.** Moscova, Gosenergoizdat, 1956.
21. *Staşuk, L.* **Elektronnîi commutator na poluprovdnikovîh priborah.** În: „Radio", nr. 1, 1960, p. 58.
22. *Svilans, M. P.* **Osţilloscopiceskaia nastroika radiopriiomnikov.** Riga, Zinatne, 1967.
23. *Turner, R. P.* **Practical Oscilloscope Handbook.** Londra, Iliffe, 1964.
24. *Visenciuk, I. M. ş.a.* **Elektronnolucevoi osţillograf i evo primenenie v izmeritelnoi tehnike.** Moscova, Gostehizdat, 1957.
25. *Zaciu, G.* **Metode de verificare pentru osciloscoape şi sincronoscoape.** În Metrologia aplicată, vol. 15 (1968) nr. 4.

CUPRINS

SERIA ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ

R. Boconcios, I. Diaconescu
VOLTMETRE ELECTRONICE

R. Popescu
FRECVENȚMETRE ELECTRONICE

R. Andreescu
GENERATOARE DE SEMNAL

Th. Nicolau
PUNȚI ȘI COMPENSATOARE
ELECTRONICE

C. Negoiță, M. Ivan
APARATE ELECTRONICE
PENTRU MĂSURAREA
MĂRIMILOR GEOMETRICE

V. Malcoci
APARATE ELECTRONICE
PENTRU MĂSURAREA PARAMETRILOR
REZISTENȚELOR, BOBINELOR
ȘI CONDENSATOARELOR

Șt. Boboc
APARATE ELECTRONICE
PENTRU MĂSURAREA MASELOR,
FORȚELOR ȘI CUPLURILOR

EDITURA TEHNICĂ

Lei 4,75